

Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont

II. ATK Tudományos Nap

Velünk Élő Tudomány



2013. november 8.
Martonvásár



II. ATK Tudományos Nap

Velünk Élő Tudomány

**Magyar Tudományos Akadémia
Agrártudományi Kutatóközpont**

II. ATK Tudományos Nap

Velünk Élő Tudomány

Szerkesztette

JANDA TIBOR

Lektoráló bizottság

**JANDA TIBOR
KOCSY GÁBOR**

PÁL MAGDA

**RAKSZEGI MARIANN
SZALAI GABRIELLA
VÁGÚJFALVI ATTILA**

**2013. november 8.
Martonvásár**

Kiadja: Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont, Martonvásár
Felelős kiadó: Bedó Zoltán

Nyomdai munkák: Corvin Style Kft., Gyál
Felelős vezető: Király István

ISBN: 978-963-8351-41-8

TARTALOM

Plenáris előadások

<i>Barnabás Beáta, Bedő Zoltán: Mindennapi kenyerrünk</i>	10
<i>Schmidt János, Zsedely Eszter: Bypass takarmányok a nagy laktációs termelésű tehenek takarmányozásában</i>	14
<i>Tóth Zoltán: Innovatív kutatások a Pannon Egyetem Georgikon karán</i>	19

Állatorvosi és állattenyésztési kutatások

<i>Bene Szabolcs, Kecskés Borbála Sarolta, Polgár J. Péter: Kifejlett magyar sportló tenyészkancák élősúlya, testméretei és ízületi szögei</i>	24
<i>Bercsényi Miklós, Havasi Máté, Beliczky Gábor, Gál Dénes, Balikó Tímea, Székely Csaba, Merth János, Pál László: Kísérletek a lesóharcsa (<i>Silurus glanis</i>) intenzív tömegtermelésének megalapozására. (I-II) (n-formák megjelenése, etetési gyakoriság hatásai)</i>	28
<i>Dublecz Károly, Pál László: Baromfi tápok fitáz és xilanáz enzim-kiegészítésének hatása az aminosavak emészthetőségére</i>	32
<i>Gyuranecz Miklós, Dénes Béla, Sulyok Kinga, Kreizinger Zsuzsa, Simor Zoltán, Bajnóczi Pál, Hornok Sándor, Szeredi Levente, Balla Eszter, Sugár László, Dán Ádám: A Q-láz állategészségügyi helyzete Magyarországon</i>	36
<i>Nagy Szabolcs Tamás: Időparaméteres spermatológiai vizsgálatok áramlási citometria alkalmazásával</i>	39
<i>Szabó Ferenc: Ujhelyi Imre öröksége a magyaróvári állattenyésztési kutatásokban</i> .	42
<i>Szmolka Ama: Multirezisztens <i>E. coli</i> törzsek antibiotikum rezisztencia és virulencia tulajdonságai és potenciális közegészségügyi jelentősége</i>	46
<i>Khayer Bernadett, Magyar Tibor, Wehmann Enikő: Humán és állati eredetű bordetella bronchiseptica törzsek összehasonlító vizsgálata PCR-RFLP-vel és filogenetikai analízissel</i>	50
<i>Varga László: Hasznos mikroorganizmusok az élelmiszerekben</i>	54

Növénynemesítési és növénytermesztési kutatások

<i>Árendás Tamás, Berzsényi Zoltán, Bónis Péter, Micskei Györgyi, Fodor Nándor: Martonvásár agrotechnikai kutatásainak eredményei a magyar növénytermesztésben</i>	58
<i>Bidló András, Berki Imre, Gálos Borbála, Gribovszki Zoltán, Móricz Norbert, Mátyás Csaba: Termőhelyi tényezők szerepe erdőterületen, az extrém időjárási helyzetek kiegyenlítésében</i>	63
<i>Láng László, Kuti Csaba, Bedő Zoltán: Búzafajták nemesítési értékének becslése</i>	67
<i>Neményi Miklós: A fenntartható növénytermelés tudományos háttere, különös tekintettel a precíziós, termőhely specifikus technológiákra</i>	71

<i>Polgár Zsolt, Wolf István, Rahim Ahmadvand, Cernák István:</i> Hagyományos és biotechnológiai eljárások ötvözése a keszthelyi burgonyanemesítési programban	76
<i>Taller János, Rahim Ahmadvand, Antar el-Banna, Ramin Hajianfar, Cernák István, Wolf István, Polgár Zsolt:</i> Biotikus stresszválasz-gének vizsgálata a burgonyában	80
<i>Varga Balázs, Veisz Ottó:</i> A szimulált aszály hatásai az őszi búza produkciójára és vízforgalmára	85
<i>Vida Gyula, Szunics László, Karsai Ildikó, Veisz Ottó:</i> Az őszi durum búza nemesítése Martonvásáron	89

Növényvédelmi kutatások

<i>Almási Asztéria, Csömör Zsófia, Nemes Katalin, Csilléry Gábor, Salánki Katalin, Palkovics László és Tóbiás István:</i> Paprikáról származó rezisztencia áttörő és vad típusú paradicsom bronzfoltosság vírus (<i>Tomato spotted wilt virus</i>) izolátumok szekvenciáinak összehasonlítása	94
<i>Jankovics T., Dolovac N., Bulajic A., Krstic B., Pascal T., Bardin M., Nicot P. C., Kiss L.:</i> Az almalisztharmat okozza az őszibarack-gyümölcsök rozsdás foltosságát?	98
<i>Kiss Levente, Bereczky Zsolt, Váczy Kálmán Zoltán, Kovács M. Gábor:</i> Fungicidek és fungicid-rezisztenciák	102
<i>Pál Magda, Kovács Viktória, Vida Gyula, Szalai Gabriella, Janda Tibor:</i> Stressz védővegyületek mennyiségi változása búza × lisztharmat gazdanövény × kórokozó kapcsolatban	106
<i>Puskás Katalin, Varga-László Emese, Komáromi Judit, Veisz Ottó, Vida Gyula:</i> Búza kalászfuzárium-rezisztencia kutatások Martonvásáron	110
<i>Samu Ferenc, Rákóczi András, Báthori Ferenc, Szinetár Csaba:</i> Táji izoláció hosszú távú hatása természetes ízeltlábú közösségekre	114
<i>Tóth Miklós:</i> Pattanóbogarak feromonjai: kutatás és alkalmazás	118

Talajtani és növénytaplálási kutatások

<i>Csathó Péter, Árendás Tamás, Fodor Nándor, Németh Tamás:</i> Alap kutatás – alkalmazott kutatás – innováció: az MTA TAKI – MTA MGKI (pro planta) innovációs nagydíjas trágyázási szaktanácsadási rendszer	124
<i>Cseresnyés Imre, Takács Tünde, Rajkainé Végh Krisztina, Lehoczky Éva, Rajkai Kálmán:</i> Talaj-gyökér rendszer elektromos kapacitásmérésének mezőgazdasági alkalmazhatósága	128
<i>Dombos Miklós, Bánszegi Oxána, Koós Sándor, László Péter:</i> Edapholog System: egy új eszköz a talajlakó rovarok on-line monitorozására	132
<i>Dunai Attila, Tóth Zoltán, Jolánkai Péter:</i> A talaj szerves széntartalmának és a raktározott szerves szén mennyiségének vizsgálata talajművelési tartamkísérletben	136

<i>Hoffmann Sándor, Lepossa Anita, Dam Sao Mai, Tran Duc Viet, Simon Szandra:</i> Különböző trágyázási rendszerek hatása a talajtermékenység néhány fontos paraméterére	140
<i>Tóth Eszter, Gelybó Györgyi, Farkas Csilla:</i> Talajművelés hatása a mezőgazdasági talajok szén-dioxid kibocsátására	144
<i>Makó András, Tóth Brigitta, Kocsis Mihály, Hernádi Hilda:</i> Talajtévképi információkon alapuló talajfizikai becslőmódszerek alkalmazása a növénytermesztésben és a környezetvédelemben	148
<i>Pásztor László, Bakacsi Zsófia, Szabó József, Laborczi Annamária:</i> Célorientált digitális talajtévképezés	152
<i>Rékási Márk, Kádár Imre, Filep Tibor:</i> Háttér-koncentrációk és a könnyen oldható elemtartalom figyelembe vétele a talajszennyezettség megítélésében	156

Posztterek

<i>Aranyi Nikolett Réka, Lángné Molnár Márta, Hoffmann Borbála:</i> Búza-árpa introgressziós vonalakkal végzett szabadföldi kísérletek eredményei	162
<i>Balikó Tímea, Merth János, Bercsényi Miklós:</i> A hőmérséklet csapó sügér (<i>Perca fluviatilis</i>) ivararányára gyakorolt hatása	166
<i>Balla K., Bencze Sz., Bónis P., Árendás T., Veisz O.:</i> A magas hőmérséklet és a szárazság hatása az őszi búzák fotoszintézisére	170
<i>Bányai Judit, Tóth Viola, Mayer Marianna, Láng László, Bedő Zoltán:</i> Durum búza terméskomponenseinek és egyes fiziológiai paramétereinek vizsgálata	174
<i>Bencze Szilvia, Balla Krisztina, Vida Gyula, Varga-László Emese, Veisz Ottó:</i> Búza levélbetegségek fertőzésének változása emelt légköri CO₂-koncentráción	178
<i>Benedek Zsuzsanna, Hegedűsné Baranyai Nóra, Poór Judit, Fitos Gábor, Polgár J. Péter:</i> Sertéstartás alakulása hazánkban különös tekintettel a keszthelyi térségre	182
<i>Cseresnyés Imre, Takács Tünde, Füzy Anna, Rajkai Kálmán:</i> Növényi vízfelvétel fenofázisos változásának monitorozása gyökérkapacitás-méréssel	186
<i>Fehér Enikő, Székely Csaba, Cech Gábor, Farkas L. Szilvia, Bányai Krisztán:</i> Circovírus szekvenciák molekuláris vizsgálata halakban és hullókben	190
<i>Filep Tibor, Győri Zoltán, Lehoczky Éva, Mazsu Nikolett:</i> Gyommagvak: tápanyagforrás vagy toxikus szennyezés forrásai?	193
<i>Havasi Máté, Beliczky Gábor, Pál László, Bercsényi Miklós, Nagy Szabolcs:</i> A halliszt kiválthatósága húsliszttel, illetve növényi fehérjével lesőharcsa (<i>Silurus glanis</i>) takarmányában	197
<i>Horváth Zoltán ifj., Morvai Gabriella, Németh Sándor, Beliczky Gábor, Horváth Zoltán, Bercsényi Miklós:</i> A süllő (<i>Sander lucioperca</i> L.) növekedése tápon, illetve takarmányhalon	201
<i>Jolánkai Péter, Stéger Bence, Tóth Zoltán, Dunai Attila:</i> A négyzethálós kukoricatermesztés gyakorlati kérdései	205
<i>Karsai Ildikó, Kiss Tibor, Balla Krisztina, Tóth Viola, Mayer Mariann, Veisz Ottó:</i> Hőmérséklet hatása a búzafajták (<i>Triticum aestivum</i> L.) egyedfejlődésére ...	209
<i>Kiss Tibor, Balla Krisztina, Bányai Judit, Veisz Ottó, Karsai Ildikó:</i> Eltérő vetésidő hatása a búza (<i>triticum aestivum</i> L.) egyedfejlődésére	213

<i>Kollaricsné H. Margit, Aranyi Nikolett Réka, Taller János, Hoffmann Borbála:</i>	
A nitrogén-kezelés hatása burgonyafajták klorofill tartalmára	217
<i>Lehoczky Éva, Gólya Gellért, Radimsky László, Riczu Péter, Tamás János:</i>	
Gyomflóra vizsgálatok trágyázási tartamkísérletben	221
<i>Khayer Bernadett, Sulyok Kinga, Wehmann Enikő, Magyar Tibor: Nyúl eredetű</i>	
<i>Bordetella bronchiseptica</i> törzsek antibiotikum érzékenysége	225
<i>Micskei Györgyi, Pók István, Árendás Tamás, Bónis Péter, Berzsenyi Zoltán,</i>	
<i>Jócsák Ildikó: A kukorica fotoszintetikus aktivitásának változása vetésidő</i>	
és nitrogén műtrágyázás hatására	229
<i>Molnár Orsolya, Szécsi Árpád: A <i>fusarium verticillioides</i> és a <i>fusarium musae</i></i>	
előfordulása Magyarországon forgalmazott banánon	233
<i>Nagy Veronika Anna, Pogány Miklós, Bozsó Zoltán, Tóth Evelin: Fehérjelebontó</i>	
faktorok szerepének vizsgálata <i>Arabidopsis thaliana</i> kórokozókkal	
szembeni rezisztenciaválaszában	237
<i>Ragályi Péter, Kádár Imre, Szemán László, Csontos Péter: Fajösszetétel-változás</i>	
telepített gyeppen különböző tápanyag-ellátottsági szinteken	241
<i>Sándor Renáta, Rajkai Kálmán, Fodor Nándor: Homoktalaj nedvesség és</i>	
hőmérséklet dinamikája növénytermesztési kísérlet kezeléseiben	246
<i>Szabó Réka, Gyuris Éva, Wehmann Enikő, Magyar Tibor: Hazai baromfi fajokból</i>	
és vadmadarokból izolált <i>Bordetella avium</i>, <i>Ornithobacterium rhinotracheale</i>	
és <i>Riemerella anatipestifer</i> törzsek antibiotikum-érzékenységének vizsgálata .	251
<i>Szili-Kovács Tibor, Takács Tünde, Máthé-Gáspár Gabriella, Anton Attila:</i>	
Talaj mikrobiális válaszok nehézfémekkel szennyezett árterületen	
(Toka-patak, Gyöngyösorosi)	254
<i>Takács Tünde, Füzy Anna, Murányi Attila, Uzinger Nikolett, Anton Attila:</i>	
Fitostabilizációs technológiák optimalizálása irányított mikorrhizációval	258
<i>Tarján Zoltán László, Péntes J. Judit, Tóth P. Róza, Benkő Mária: Circovírus</i>	
vizsgálatok evolúciósan ősbib gerincesekben	263
<i>Sváb Domonkos, Horváth Balázs, Maróti Gergely, Tóth István: Szarvasmarha</i>	
eredetű atípusos <i>Escherichia coli</i> O157 törzsek genetikai vizsgálata	268
Titoktartási felhívás	273

Plenáris előadások

MINDENNAPI KENYERÜNK

BARNABÁS BEÁTA¹, BEDŐ ZOLTÁN²

¹MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Növényi Sejtbiológiai Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
barnabas.beata@agr.ar.mta.hu

²MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Kalászos Gabona Nemesítési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
bedo.zoltan@agr.ar.mta.hu

Bevezetés

A táplálkozás-élettani szempontból igen kedvező összetételű gabonamag az alapja a tápláló, ízletes és olcsó élelmiszernek, a kenyérnek. A kenyér jelenleg is az emberiség jelentős részének nélkülözhetetlen élelmiszere. A régészeti kutatások igazolták, hogy a búzatermesztés kezdete az időszámítás előtti 3. évezredre nyúlik vissza. A következő évszázadok során a magvakból már lisztet készítettek és a Krisztus előtti 1700-as években Föníciában megjelent a sütőkemence. A magyar ember a búzát életnek nevezte, ami a gabona fontos szerepére utal egyrészt a táplálkozásban, másrészt a földműveléssel foglalkozók megélhetésében. A búzából készült kenyér nem csak egy étel, hanem az élet jelképe.

Mintegy két évtizede a martonvásári nemesítésű búzafajták fémzárolt vetőmagját használják fel legnagyobb mértékben a hazai búzatermesztők. A martonvásári búzafajták piacvezető szerepe elsősorban a termelői és a feldolgozó igényekhez történő rugalmas alkalmazkodásnak köszönhető. Az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági intézetében az egymásra épülő, a teljes innovációs folyamatot felölelő kutatási vertikum teszi lehetővé a legkorszerűbb igényeknek megfelelő, biztonságosan termesztendő, modern búzafajták előállítását. A komplex alap- és alkalmazott kutatások, úgy mint a szaporodásbiológiai, genomikai, növényélettani, genetikai és növénynemesítési, növénytermesztési kutatások folytatása az intézetben nagymértékben hozzájárul a növényi produktivitás fenntartható növeléséhez a termésbiztonság egyidejű javításával, valamint a fajtaválaszték folyamatos bővítéséhez.

A búza stressztűrő képességének javítása

A gabonafélék várható terméshozamát, ennek következményeként az élelmiszeripar egyes ágazatainak nyersanyagellátását is nagymértékben befolyásolják az abiotikus környezeti stresszhatások (leginkább a hirtelen hőmérséklet ingadozások és az egyre gyakrabban előforduló aszály), melyek akár 60% terméseszkkenést is okozhatnak. Térségünkben a szélsőséges kontinentális éghajlat és a globális klímaváltozás hatásai jelentősen befolyásolják a növénytermelés biztonságát. A növénynemesítők és a termesztők közös érdeke, hogy a termesztett fajták lehetőleg a legkisebb mértékű károsodás mellett tolerálják a környezeti változásokat. Intézetünkben minden lehetőség adott a kalászos gabonák környezeti stressztűrőképességének komplex tanulmányozására. A génbanki kutatások hozzásegítenek a növények stressztűrőképességért felelős génjeiben rejlő

természetes variabilitás feltárására és kiaknázására a nemesítésben. A fitotron kiválóan alkalmas a szélsőséges környezeti viszonyok szimulálására, ezáltal lehetővé teszi a növények stressz válaszainak széleskörű vizsgálatát anatómiai, fiziológiai, sejtbiológiai és molekuláris genetikai, genomikai módszerekkel.

A gabonafélék fagyűrésének molekuláris háttere

A növények fagyállósága genetikailag determinált, azonban a fagyállóság tényleges mértékét környezeti tényezők, így például a hőmérséklet, a nappal hossza és a megvilágítás erőssége befolyásolja. A növények vegetatív szövetei képesek a hidegadaptációra, melynek során nő a fagyűrésük, míg a reproduktív szervek, így a virág szöveteié nem. Emiatt, a növények fejlődési állapota is fontos faktor a fagyűrés kialakulása során. Bizonyított tény, hogy a vegetatív fázisból a reproduktív fázisba való átmenet után a növények fagyállósága szignifikánsan csökken. Az őszi gabonafélék esetében ez az átmenet a vernalizációs igény kielégítésével következik be, amely folyamatot a VRN-1 gén szabályozza. Kiderítettük, hogy bár a VRN-1 gén expressziója nélkülözhetetlen a hideg által szabályozott gének (COR gének) gátlásához, de nem elegendő. Hideg hatására a szövetek redoxpotenciálja megváltozik. A redox homeosztázis egyensúlyban tartása érdekében különböző enzimatis és nem enzimatis folyamatok indukálódnak a redox jelátviteli rendszer aktivizálásának hatására. Búza kromoszóma szuszbsztitúciós vonalak analízise segítségével kiderítettük, hogy a hideg indukálta redoxváltozások a fagyűréssel korrelálnak, és függetlenek a VRN-1 gén által szabályozott vegetatív/reproduktív fejlődési átmenettől. Feltehetően ezek a redoxváltozások gátolják a fagyállóság gyors csökkenését kora tavasszal a virágkezdemények kialakulása után.

A hő- és szárazságstressz hatásai a búza generatív fejlődésére

Fitotroni körülmények között a virágzást követően 5 napig alkalmazott teljes vízmegvonás 23/14 C°-on, illetve 35/24 C°-on a szárazságtűrő Plainsman V és a szárazságra érzékeny Capelle Desprez genotípusok szemtermésének fejlődésére az alábbiak szerint hatott: Az önmagában alkalmazott vízhiány nem volt szignifikáns hatással a szemtermések fejlődésére és génexpressziójára egyik genotípusnál sem. Ezzel szemben az együttes hő- és szárazságstressz hatására felgyorsult a szemtermések fejlődésének növekedési üteme, megnőtt a fejlődő embriók mérete, az endospermium sejtszáma, a raktározó sejtekben felhalmozott keményítőszemcsék és fehérjetestek mennyisége. Ezzel párhuzamosan megemelkedett a hőstressz fehérjék, a raktározott fehérjék és a cukor, valamint a keményítő anyagcserében szerepet játszó fehérjék génjeinek expressziója. A kezelés végére a sejtosztódásban szerepet játszó sejtciklust szabályozó és hiszton gének expressziója azonban lecsökkent, valószínűleg a levélfelület irreverzibilis sérülése folytán bekövetkező szénhidrát utánpótlás megszűnésének hatására.

A fitotronban nevelt különböző martonvásári búzafajtákon a kalászolást követő 12. naptól 15 napon keresztül alkalmazott szárazság és hőstressz lényegesen befolyásolta a termés mennyiségét és minőségét is. Az alkalmazott 35°C-os kezelés a fajták átlagában 22,4%-kal, és a vízmegvonás 53,5%-kal, már önmagában is terméscsökkentő tényezőnek bizonyult. A növények ezerszemtömegét is szignifikáns (fajták átlagában 20,7% és 46,9%) visszaesések jellemezték. Mindemellett a legdrasztikusabbnak a kombinált (szárazság + hő) stresszkezelés mutatkozott, fajták átlagában a termés 73,2%-os, az ezerszemtömeg 66,22%-os csökkenésével. A kezelések hatására bekövetkezett fehérje tartalom emelkedésére a jelentős mértékben zsugorodott szemek is adhattak magyarázatot. A fehérje-összetevők % arányát vizsgálva, megállapítható volt, hogy a kezelt növények szemtermésében tapasztalható

fehérjetartalom emelkedés nem minden esetben utalt jobb minőségre, mivel az oldhatatlan polimer frakció (UPP%) és/vagy a glutenin/gliadin arányának (Glu/Gli) a csökkenése legtöbbször minőség romlására utalnak a fehérjetartalom növekedése ellenére is. A stressz hatására a keményítő szemcseméretében (7 µm alatti granulumok) szintén számottevő módosulás ment végbe. Míg a hőstressz jelentősen nem, addig a szárazság és a kombinált stressz nagymértékben csökkentették a szemcseméretet. A kapott eredmények is bizonyítják, hogy szoros kapcsolat van az egyre szélsőségesebbé váló időjárási körülmények és a gabonafélék termésmennyisége, valamint minősége között.

Az eltérő szárazságtoleranciájú búza genotípusok levélszöveti szerkezetét vizsgálva megállapítást nyert, hogy a vízmegvonás nagymértékben károsította az érzékeny fajták leveleinek mezofil sejtjeit. A vizsgált genotípusok kutikulájának vastagsága szignifikánsan különbözött egymástól, azonban nem mutatott korrelációt a szárazságtűréssel. A vízmegvonás kis mértékben megnövelte a levélfelszíni viasz akkumulációját. A vizsgált fajták többségénél a levelek felszínén, illetve fonákján akkumulálódó viasz aggregátumok morfológiája lokalizáció-függő dimorfizmust mutatott.

A vizsgált minőségi és morfológiai bélyegek továbbá a génkifejeződés környezeti reakcióinak ismerete segítséget nyújthat a megváltozott környezeti feltételekhez adaptált új fajták előállításában.

A Pannon búza program

A program új szemléletet alakított ki a magyar búzatermesztésben, szigorítva és a nemzetközi elvárásoknak megfelelően kialakítva a fajtákkal és a termesztés technológiával szembeni elvárásokat. A nemesítő kutatók a konzorciumban résztvevő partnerekkel együtt a martonvásári nemesítésű búzafajtákat minőségi tulajdonságaik (a szemtermésben lévő fehérje mennyisége és minősége) alapján differenciálva csoportosították: prémium minőségű, jó standard minőségű, nagy sikértartalmú és speciális minőségű fajtákra (1. táblázat) és tevékenyen részt vettek a Pannon búza védjegy létrehozásában.

1. táblázat. Martonvásári őszi búzafajták minőség szerinti csoportosítása

Pannon Prémium	Pannon Standard	Nagy sikértartalmú	Speciális
Mv Suba	Mv Toborzó	Mv Nádor	Mv Kokárda
Mv Ködmön	Mv Lucilla	Mv Kolompos	Mv Lepény
Mv Kolo	Mv Petrence	Mv Magdaléna	Mv Karizma
Mv Mazurka	Mv Marsall	Mv Béres	
Mv Menüett	Mv Kikelet	Mv Csárdás	
Mv Pántlika	Mv Tallér	Mv Süveges	

A búza beltartalmi értékének javítására különböző kiindulási anyagok állnak a búzanesemítők rendelkezésére a genetikai variabilitás szélesítése céljából. Ilyenek a szülőpartnereként felhasználható tájfajták, régi fajták, exotikus források, vadon élő rokon fajok.

Az elmúlt évtizedben a búzafajták sütőipari minőségével kapcsolatos elvárások sokat változtak. A minőségnek számos új aspektusa vált fontossá, amelyek egyben a genetikai és a tartalék tápanyag összetételi adottságok alaposabb megismerését is szükségessé tették. Azok a tulajdonságok, melyek a gazdaságos jó minőségű kenyérgyártást teszik lehetővé, mint például a lisztkihozatal, a vízfelvétel vagy a dagasztáshoz szükséges energia, ma nagyobb jelentőséget kapnak, mint korábban, ugyanakkor a minőségi elvárások egy másik dimenzióját a termékek táplálkozási értéke képviseli. A kutatás célja, hogy genetikai és biokémiai módszerekkel vizsgálja a búza sütőipari minőségét meghatározó tényezőket, és hogy vizsgálja a genotípus és a környezet hatását (GxE) a búzafajták három különböző csoportjára:

- a) régi magyar tájfajta,
- b) korszerű martonvásári búzafajta,
- c) jól ismert, nemzetközi búzafajta a világ különböző tájairól.

A projekt a sütőipari minőséget meghatározó tulajdonságok közül, a siker és az oldható fehérjék, valamint a nem-keményítő jellegű szénhidrátok minőségi és mennyiségi elemzésére fókuszál.

Az elmúlt évtizedben az európai tendenciáknak megfelelően hazánkban is hangsúlyossá váltak az egészséges táplálkozás megvalósítását és a betegségek megelőzését célzó kutatások. Ez az új irányvonal megjelent a nemesítés szintjén is, hiszen a cél megvalósításához a megfelelő alapanyagok előállítása nélkülözhetetlen. Első lépésként megtörtént a különböző genotípusok szemtermésében a bioaktív komponensek, rostanyagok, fenolos vegyületek variabilitásának meghatározása. A vizsgálatok eredményei alapján kiválaszthatók azok a genotípusok, melyek felhasználásával nemcsak hogy jó sütőipari búza nemesíthető, de egyúttal rostanyagokban és vitaminokban gazdag termékek készíthetők.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat az AGRISAFE 203288, GVOP-3.1.1-2004-05-0522/3.0, EU FP7-REGPOT 2007-1, OTKA CK 80274, OTKA CNK 80781 sz. pályázatok támogatták.

BYPASS TAKARMÁNYOKA NAGY LAKTÁCIÓS TERMELÉSŰ TEHENEK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

SCHMIDT JÁNOS, ZSÉDELY ESZTER

*NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
schmidtj@nyme.hu*

A nagy laktációs termelésű tehének kifogástalan energia-, fehérje- és aminosav-ellátásában a bypass takarmányok alapvető fontosságúak, ugyanis a bendőben zajló mikrobás fermentációt segítségükkel szabályozni tudjuk. A laktáció első harmadára jellemző energiahiány bypass zsírkészítmények etetésével a mikrobaműködés érdemi akadályozása nélkül megszüntethető. Növényolajipari melléktermékekből (hidegszűrési maradék, zsírsavpárlat) jó minőségű, bendőstabil Ca-szappant sikerült előállítani, amely az energiaellátás javításán túlmenően a tej zsírsavösszetételét is kedvezőbbé tette. Kombinált kezeléssel (hőhatás, nyomás, redukáló cukor jelenléte) az extrahált napraforgódarából 63% UDP hányadú, kedvező posztruminális fehérje emészthetőségű bypass fehérjetakarmány állítható elő, amellyel a tehének fehérje-, illetve aminosav-szükséglete a szaporodási paraméterek egyidejű javulásával együtt fedezhető.

Bevezetés

A hazai ellenőrzött holstein-fríz vérségű tehénállomány tejtermelése az elmúlt évtizedekben jelentős mértékben növekedett. Az utóbbi 12 évben 2079 kg-mal nőtt a tehének éves laktációs termelése, ami éves átlagban 173 kg-os növekedést jelent. Napjainkban már sok olyan tehenészeti üzem van, amelyekben az átlagos laktációs termelés meghaladja a 10000 kg tejet. Köszönhető mindez a tenyésztő (nemesítő) munkának, a tartástechnológia (benne a fejéstechnológia) fejlődésének, az állatorvosi gyógyító, megelőző munkának, és nem utolsósorban a takarmányozás számottevő javulásának. A tejtermelés jelentős növekedése mellett azonban kedvezőtlen hatások is megfigyelhetők a tejtermelő állományokban. Közülük e helyt csak a két ellés közötti időtartam folyamatos növekedését említjük, amely tény szoros összefüggésben áll a takarmányozással.

A kérődzők táplálóanyag szükségletének fedezésében a bendőben élő mikrobiális ökoszisztémának kiemelkedő a szerepe, ugyanis a tehének energia-szükségletének 70-75%-át, a fehérje-, illetve aminosav-szükségletnek pedig legkevesebb mint 50%-át a bendőben zajló mikrobás fermentáció fedezi. Ahhoz, hogy ezt a feladatát a bendő mikrobapopulációja nagy laktációs termelésű állományokban is zavartalanul el tudja látni, működését szabályozni szükséges. Erre teremtenek lehetőséget a bypass hatású takarmányok és készítmények.

Anyagok és módszerek

A bendőben zajló mikrobás fermentációt bendőkanülözött holstein-fríz tinókkal, míg a bendőbeli nyersrost lebontást, valamint mikrobafehérje szintézist duodeumkanüllel ellátott holstein-fríz tinókkal vizsgáltuk. A bendőben lebomló nyersfehérje és nyerszsír mennyiségét az insacco eljárással állapítottuk meg. A bypass zsír- és fehérjekészítmények aktuális lebonthatóságát *Kristensen és mtsai.(1982)* regressziós egyenletével számszerűsítettük. A bendőben képződött mikrobafehérje mennyiségét a duodenálischimusból vett minták DAPA

(diamino-pimelinsav) tartalma alapján állapítottuk meg (Csapó és mtsai. 1988). A duodeumon áthaladó szárazanyag mennyiség meghatározásakor jelölőanyagként TiO₂-t használtunk (Owens és Hanson 1992). Az üzemi tejtermelési kísérleteket a tehénpáros kísérleti módszer szabályai szerint végeztük.

Eredmények és következtetések

A nagy tejtermelésű tehénállományok takarmányozásának legkritikusabb időszaka a laktáció első harmada. Ez arra az aszinkronra vezethető vissza, amely az ellést követően gyors ütemben növekvő tejtermelés, valamint az ennél lassabban emelkedő szárazanyag-fogyasztás között ebben az időszakban fennáll. Amíg a tejtermelés az ellést követő 5-6. héten eléri a csúcspontot, addig a maximális szárazanyag-fogyasztás a 6-8. héttől várható. Az ebből eredő energiahiány elérheti akár a napi 25-30 MJ NE₁-t, mely hiányt a tehenek tartalékaik – elsősorban zsírtartalékuk – lebontásával tudják pótolni. A napi testsúlycsökkenés akár 1,0-1,5 kg is lehet, ami már a ketózis kialakulásának veszélyével jár.

Az energiahiány mérséklésére logikusnak tűnik a takarmányoknak nagy energiakoncentrációjú zsírokkal történő kiegészítése. A zsíroknak – főleg a sok telítetlen zsírsavat tartalmazóknak – a bendő mikrobáinak működését és szaporodását nehezítő hatásai, illetve az ezek következtében előálló kedvezőtlen változások (ecetsav-propionsav arány szűkülése, nyersrost lebontás és mikrobafehérje szintézis csökkenése) miatt csak a bendőben nem, illetve csak kis mértékben hidrolizálódó bypass zsírkészítmények alkalmasak kiegészítés céljára (Schmidt és mtsai. 2000b).

Az elmúlt években tanszékünkön is foglalkoztunk bypass zsírkészítmények kifejlesztésével. A növényolaj előállítás során keletkező melléktermékekből (hidegszűrési maradék, zsírsavpárlat) állítottunk elő Ca-szappant, amely termékeknek kedvező volt a zsírsavösszetételük, ugyanakkor jó volt a bendőbeli stabilitásuk is. A hidegszűrési maradékokból előállított Ca-szappan bendőbeli stabilitását az insacco eljárással 80,5%-nak mértük. A készítmény bendőfermentációra gyakorolt hatására az 1. táblázat adataiból lehet következtetni. Megállapítható, hogy a napraforgóolaj alapú Ca-szappan a napraforgóolajjal végzett kiegészítéshez képest lényegesen kisebb mértékben befolyásolja a mikrobaműködést (Ribács és Schmidt 2005).

1. táblázat. Zsírkiegészítés hatása a bendőfolyadék összetételére és a nyersrost bendőbeli lebonthatóságára

Kezelés	Összes illózsírsav	Ecetsav	Propionsav	Ecetsav	Nyersrost lebomlás, %
	mmol/l			Propionsav	
Kontroll szakasz (zsírkiegészítés nélkül)	108,38±10,82 ^a	64,95±6,49 ^a	24,30±3,24 ^a	2,67±0,32 ^a	71,60±5,49 ^a
Kezeletlen olaj (640g/nap)	80,95±18,27 ^b	39,97±10,66 ^b	27,00±5,13 ^b	1,48±0,35 ^b	38,95±5,16 ^b
Ca-szappan (800 g/nap)	114,16±11,96 ^a	66,61±6,49 ^a	27,00±3,51 ^b	2,47±0,30 ^c	68,58±8,03 ^a

a,b,c: a különböző betűvel jelölt értékek függőlegesen minimum p≤0,05 szinten szignifikánsan különböznek egymástól

A Ca-szappan zsírtartalma: 80 %

Mintavétel a reggeli etetés után 3 órával.

Egy üzemi tejtermelési kísérletben zsírsavpárlatból előállított Ca-szappan tejtermelésre és a tej zsírsavösszetételére gyakorolt hatását vizsgáltuk. A kísérletben a kukoricából, árpából, szója- és napraforgódarából álló abrakkeverék 11 %-át (1,4 kg-ot) helyettesítettük eredményesen – a tejtermelés csökkenése nélkül – 700 g Ca-szappannal. További előnye volt a zsírkiegészítésnek, hogy kedvezően változott a tej zsírsavösszetétele (2. táblázat). Ez abban nyilvánul meg, hogy a kísérleti csoport tejében szignifikánsan kisebb volt a telített zsírsavak részaránya, amely zsírsavak növelik az érlelmeszesedést, a szív- és érrendszeri betegségek kialakulásának veszélyét.

2. táblázat. Napraforgó zsírsavpárlatból készült Ca-szappan hatása a tejsír zsírsavösszetételére

Zsírsav csoport	Kontroll tej	Kísérleti tej
Telített zsírsavak, %	68,51 ± 5,33	60,53 ± 3,64 **
MUFA csoport, %	24,33 ± 3,17	32,61 ± 2,01 **
PUFA csoport, %	3,78 ± 0,26	3,69 ± 0,21 NS
Egyéb zsírsavak, %	3,38 ± 0,24	3,17 ± 0,14 NS

** $p \leq 0,01$

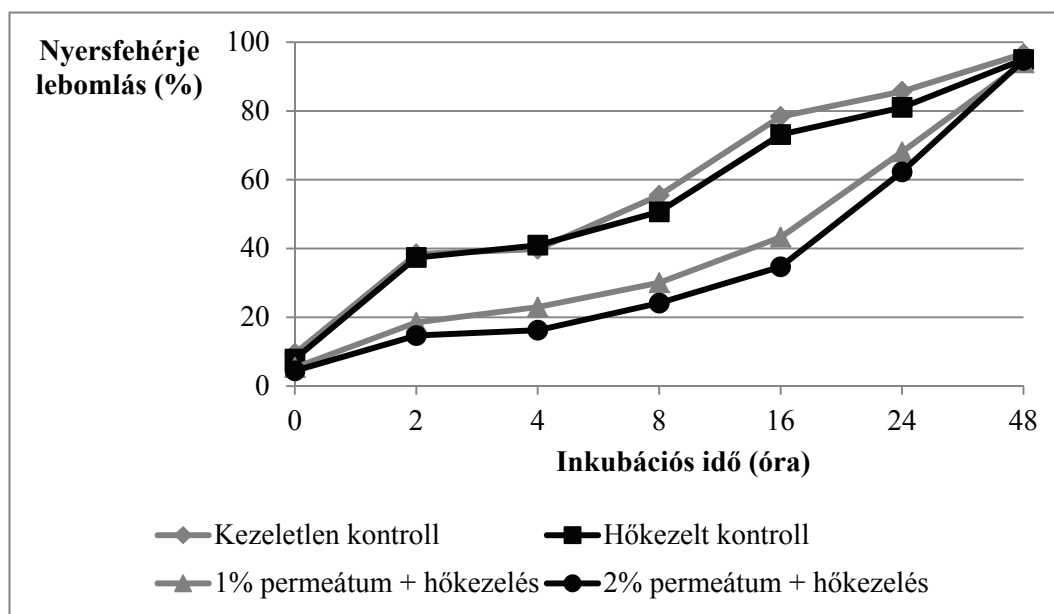
NS Nem szignifikáns

A bypass zsírkészítménnyel végzett kiegészítés további előnye, hogy csökkenthető általa a zsírbontás mértéke, rövidebb időtartamra korlátozható az ellést követő súlycsökkenés. Mindez kedvező hatással van a két ellés közötti időtartamra, nevezetesen rövidíti azt.

Az energiaellátáshoz hasonlóan a nagy laktációs termelésű tehénállományok kifogástalan fehérjeellátása sem egyszerű feladat, ugyanis a növekvő termelés fehérje igénye nem fedezhető csupán olyan módon, hogy folyamatosan növeljük a napi adag fehérjetartalmát, mert az egy fehérje szint felett rontani fogja a szaporodási eredményeket, ami végeredményben a két ellés közötti idő növekedéséhez vezet. Ez azzal áll összefüggésben, hogy a növekvő fehérjeadag – főleg ha a takarmányadag olyan komponenseket tartalmaz, amelyek fehérjeje jelentős mértékben (75-80%-ban) lebomlik a bendőben – megnöveli a bendőfolyadék NH_3 -tartalmát, ennek következtében a vérplazma karbamid tartalmát, ami viszont rontja a termékenyülési eredményeket. Megoldást az olyan fehérjetakarmányok etetése jelenthet, amelyek fehérjéjének bendőbeli degradabilitása lényegesen kisebb az átlagosnál. Minthogy ilyen takarmány csak kevés van, különféle kémiai és fizikai kezelésekkel (illetve ezek kombinációjával) csökkentjük a nagy fehérjetartalmú takarmányok (full-fat szójabab, extrahált darák) fehérjéjének bendőbeli lebonthatóságát. A kémiai anyagok közül aldehidekkel (formaldehid, glutáraldehid, glioxál), tanninnal, továbbá különféle redukáló cukrokkal végeztek kezeléseket, míg a fizikai eljárások közül a hőkezelést alkalmazták a bypass hatás kialakítására (Schmidt és mtsai 2000a, Schmidt 2001).

Az általunk kifejlesztett eljárás többféle hatás eredőjeként csökkenti a nagy fehérjetartalmú extrahált darák (napraforgó dara, szójadara) fehérjéjének bendőbeli lebonthatóságát. Ezek a hatások a hőmérséklet, a nyomás, valamint egy redukáló szénhidrát jelenléte. Ez utóbbi eljárásunkban egy tejipari melléktermék, a tej, illetve a tejsavó ultraszűrésekor keletkező permeátumlaktóz tartalma. Az eljárás során a szükséges nyomást, illetve hőmérsékletet extrúzióval állítjuk elő. A hőhatás alkalmával az aminosavak oldalláncai

közötti kötések – amelyek a fehérjék térszerkezetét stabilizálják – felszakadnak, aminek következtében a fehérjék szerkezete módosul. Nyomáson az említett folyamat felgyorsul, intenzívebben játszódik le. A fehérjék térszerkezetében bekövetkezett változáson túlmenően kémiai reakció zajlik le a laktóz, valamint a fehérjeláncok szabad amino-csoportjai között, amely folyamat Maillard-reakció néven ismert. A reakció kiterjedtsége a hőmérséklet nagyságának és a hőhatás időtartamának változtatásával szabályozható. A kialakított eljárásnak az extrahált napraforgódara fehérjéjének bendőbeli lebonthatóságára gyakorolt hatását az 1. ábra adatai mutatják be.



Aktuális lebonthatóság	Kezeletlen kontroll	Hőkezelt kontroll	1% permeátum + hőkezelés	2% permeátum + hőkezelés
UDP, %	32,24	36,69	56,64	62,80
g/kg	109,94	125,11	193,14	214,15
RDP, %	67,76	63,31	43,36	37,20
g/kg	231,06	215,89	147,86	126,85

1. ábra. A permeátum-kiegészítés, valamint a nyomáson végzett hőkezelés hatása az extrahált napraforgódara fehérjéjének bendőbeli lebonthatóságára

Megfelelő bendőbeli védettségű bypass fehérjetakarmány etetésekor akár napi 45-50 kg-os tejtermelés fehérje-szükséglete fedezhető anélkül, hogy a szaporodással összefüggő paraméterek romlanának.

Irodalom

- Csapó J., Gombos S., Henics Z., Tóth L-né (1988) Modified method of diaminopimelic acid determination in samples of biological origin. *Acta Aliment.* 2. 159-167.
- Kristensen, E.S., Möller, P.D., Hvelplund, T. (1982) Estimation of the effective protein degradability in the rumen of cows using the nylon bag technique combined with the outflow rate. *Acta Agri. Scand.*, 32 (1) 123-127.
- Owens, F.N., Hanson, C.F. (1992) External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *J. Dairy Sci.*, 75 2605-2617.
- Ribács A., Schmidt J. (2005) Abbau von Fetten unterschiedli cherchemischer Formauf den Abbau der Rohfaserim Pansen und auf einige Parameter der Pansenflüssigkeit. *Acta Agronom. Óváriensis* 47 (2) 33-46.
- Schmidt J. (2001) Szarvasmarhák energia-, fehérje- és aminosav-ellátásának javítása. Székfoglalók a Magyar Tudományos Akadémián 177-186.
- Schmidt J., Sipőcz P., Sipőcz J. (2000a) Védett fehérje a nagy tejtermelésű tehenek takarmányozásában. *Allatteny. és Tak.* 49 (1) 37-50.
- Schmidt J., Sipőcz P., Sipőcz J. (2000b) Védett zsír hatása a bendőfermentációra és felhasználása a nagy tejtermelésű tehenek takarmányozásában. *Allatteny. és Tak.* 49 (2) 37-50.

INNOVATÍV KUTATÁSOK A PANNON EGYETEM GEORGIKON KARÁN

TÓTH ZOLTÁN

*Pannon Egyetem Georgikon Kar
8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.
tothz@georgikon.hu*

Az 1797-ben gróf Festetics György által alapított Georgikon – intézményünk jogelődje – Európa első felsőfokú mezőgazdasági tanintézeteként kezdte meg működését. Több mint két évszázados történelme alatt, igazodva az új kihívásokhoz, a Georgikon is sok tekintetben átalakult. Napjainkban a Pannon Egyetem Georgikon Karaként a felsőoktatási képzések valamennyi szintjén a Dunántúl egyik legszínesebb képzési palettáját kínálja. A karon folyó tudományos munkát a több évtizedes előzményekre épülő szervesen fejlődő hagyományos kutatási irányok és a korunk által támasztott igényeknek megfelelő új kutatási területek és az ehhez szükséges technikák, K+F infrastruktúra fejlődése egyaránt jellemzik. A Georgikon Kar a mezőgazdasági, környezet, valamint a gazdálkodás és szervezés tudományok jelentős bázisának számít napjainkban is. A meghatározó kutatási projektek konzorciális keretek között folynak, együttműködve a Pannon Egyetem más karaival, hazai és külföldi kutatóintézményekkel.

Oktatási tevékenység

Tíz alapszakon folyik oktatás a klasszikus agrárszakoktól a környezetgazdálkodási, a természetvédelmi és az agrárközgazdasági szakterületeken át egészen a turizmus-vendéglátásig terjedően. Az alapszakokra épülő ugyancsak tíz mesterszakkal is rendelkezik a kar és a hasonlóan széles spektrumú felsőfokú, ill. felsőoktatási szakképzéssel együtt ezeken is folyik oktatás. A Kar sajátossága a kis csoportlétszámokkal összefüggésben a családi hangulat, a hallgatókkal személyes kapcsolatot ápoló oktatói gárda, akik a tanulmányi ügyekkel foglalkozó munkatársak mellett nemcsak a szociális és tanulmányi gondokon próbálnak segíteni, hanem a kiemelkedő hallgatók további pályáját is igyekeznek egyengetni a Tudományos Diákkörtől és doktorképzéstől kezdve a diploma megszerzése utáni elhelyezkedésig.

A Karon működő Doktori Iskolákban a doktori képzés célja az oktatói és kutatói utánpótlás nemzetközi színvonalú biztosítása nem csupán a Kar, valamint az ország területén tevékenykedő más intézmények számára, hanem külföldi intézmények számára is, melyek PhD kutatásaik és tanulmányaik elvégzése céljából a Georgikonra küldik munkatársaikat. A doktori képzésre jelentkezők az Állat- és Agrárkörnyezet-Tudományi Doktori Iskolában, a Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskolában, valamint a Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskolában folytathatják tanulmányaikat.

Kutatás-fejlesztési tevékenység

A Georgikon Kar sok évtizedes kutatási és fejlesztési tevékenysége eredményeként az agrárkutatás egyik nemzetközileg is elismert hazai fellegrárára. A Karon hosszú múltra visszatekintő tudományos ismeretszerzésnek és alkotómunkának az agrártudományok és a kapcsolódó diszciplínák területén vannak tradíciói és olyan nemzeti értéket képviselő felhalmozott tudásbázisa, amelyre stabilan épült fel a fejlődés modern kihívásaihoz igazodó inter- és multidiszciplináris K+F stratégia.

A főbb kutatási területeink a növény-, állat-, környezet- és gazdálkodástudományok, mint pl. az állattan és akvakultúra, állattenyésztés, állatelettan, takarmányozás, biotechnológia, genetika és növénynevelés, növénytan és növényélettan,

növénytermesztés, földművelés, talajtan és agrokémia, kertészet, meteorológia és vízgazdálkodás, növényvédelem, agrárműszaki kutatások, informatikai kutatások, gazdaságmódszertan, vállalatökonómia, vállalatirányítás, vállalati felelősség, fenntartható gazdálkodás, turizmus-vendéglátás.

A keszthelyi kampusz szerves részét képezi az Agrártudományi Centrumon belül működő – országosan egyedülálló – Burgonyakutatási Központ. A Burgonyakutatási Központban a termesztés- és tárolástechnológiai vizsgálatok mellett jelentős nemesítési tevékenység is folyik. A nemesítési munka fő céljai a burgonyát károsító főbb kórokozókkal szemben rezisztens burgonyafajták előállítás, stressztűrő képesség növelése, valamint a saját fajták fenntartása, szaporítása.

A Pannon Egyetem Georgikon Kara kutatási-fejlesztési tevékenységével, egyéb szakmai szolgáltatásaival folyamatosan részt vesz a térség gazdasági életében. Szoros kapcsolatot épített ki a szűkebb és tágabb környezet gazdasági szereplőivel, aminek középpontjában elsősorban innovatív kutatási-fejlesztési feladatok megoldása áll. A Georgikon Kar és az Agrártudományi Centrum jelentős technológia fejlesztő és terjesztő kapacitással rendelkezik, melynek keretében a tudás áramlás döntően hálózatos partnerkapcsolati rendszeren keresztül jut el a termelőkhez, végfelhasználókhoz.

A Kar kutatási programjai az egyéni kezdeményezésekből kiindulva formálódnak és válnak az oktatási egységen belül (tanszék, intézet), majd a karon, az egyetemen – az egyén kapcsolat rendszerére alapozottan – hazai, illetve nemzetközi együttműködéssé.

A Georgikon Kar és az Agrártudományi Centrum K+F tevékenysége eredményeként a 2008–2012 időszakban több növényfajta és szabadalom bejelentése, állami elismerése, illetve bejegyzése is megtörtént. Az intézmény ezirányú tevékenysége az elmúlt időszakban kifejezetten eredményesnek ítéhető (1. táblázat).

1. táblázat. A Georgikon Kar és az Agrártudományi Centrum K+F tevékenysége eredményeként létrehozott, közvetlen gyakorlati hasznosításra ajánlott szellemi termékek számszerűsíthető adatai (2008-2012)

Növényfajta bejelentés állami elismerési eljárásra					Növényfajta állami elismerése					Bejelentett szabadalmak / oltalmak száma					Bejegyzett szabadalmak / oltalmak száma				
2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
-	-	1	1	4	1	1	-	9	1	-	2	-	3	-	1	2	1	-	-

A Georgikon Kar néhány jelentősebb projektjének bemutatása

„CEPO” Baromfi Kiválósági Központ. A Georgikon Kar 2011 óta működik együtt a Bécsi Állatorvos-tudományi Egyetemmel a baromfi takarmányozás és baromfi egészségügy terén. A CEPO (Centre of Excellence for Poultry) elnevezésű projekt 2011. májusi megnyitójától a közös kutatások mellett számos szakmai rendezvényre és cseréprogramra került sor Bécsben és Keszthelyen. Ezek keretében minden júniusban a bécsi állatorvos hallgatók és az őket kísérő oktatók látogatnak el a Georgikon Karra, vesznek részt különféle szakmai programokon és ismerkednek meg a hazai baromfi szektor sajátosságaival. A Georgikon Kar hallgatói és oktatói összel vesznek részt hasonló osztrák programon.

A kutatási programok nagyrészt a baromfi fajok esetében releváns humán patogén kórokozók, elsősorban a *Campylobacter* arányának csökkentésére és a takarmányozás bélflóra összetételre gyakorolt hatására irányulnak. A két egyetem kutatási feltételrendszere jól kiegészíti egymást és a projekt keretében megnyilvánuló együttműködés hatékonyan szolgálja a régióban működő baromfitartókat, a mindkét fél részéről megvalósuló szaktanácsadási tevékenységet.

A CEPO projekt egész régiót érintő célja, hogy a két partnerintézmény jelentős, nemzetközileg elismert baromfi takarmányozási és baromfi egészségügyi tapasztalatainak bázisán olyan együttműködést alakítson ki, melynek eredményei a gyakorlatba közvetlenül átültethetőek és hasznosíthatóak. Az ágazat szereplőivel való hatékony kapcsolattartás érdekében a projekt interaktív internetes oldalt működtet (www.cepofocus.eu), ahol az eredményekről és a várható rendezvényekről is tájékozódhatnak az érdeklődők.

A CEPO projekt az osztrák-magyar határ régió projektjeit támogató Ausztria-Magyarország Határon Átnyúló Együttműködési Programban az Európai Unió és Magyarország társfinanszírozásával valósul meg.

„REBE” Régiók együttműködése a bioenergetikai tudástranszfer és az energiahatékonyság területén. A projekt az Ausztria-Magyarország Határon Átnyúló Együttműködési Program 2007-2013 keretében az Európai Regionális Fejlesztési Alap, valamint Alsó-Ausztria, és a Magyarország támogatásával valósul meg. A „REBE” projekt átfogó célja az erőforrások összehangolt fenntartható hasznosítása, az energiahatékonyság javítása, a megújuló energiák által elérhető európai uniós környezetvédelmi, gazdaságfejlesztési és foglalkoztatási célok megvalósulásának elősegítése a képzési feltételek megerősítésével.

A projekt biztosítja a tudás és tapasztalatcsere révén a határ két oldalán a megújuló energetikai képzések kidolgozásával, elindításával az élethosszig tanulás lehetőségét 14 éves kortól felnőttkorig. A projektben kifejlesztett és akkreditált tanterv révén 2013-tól közös szakemberképzés valósul meg, a Pannon Egyetem Georgikon Karának Agrárműszaki Tanszékén és a bécsújhelyi HTL-ben (Höheren Technischen Bundes- Lehr- und Versuchsanstalt, Wiener Neustadt). Az energetikai tapasztalatcserekkal megerősödik a határon átnyúló együttműködés, valamint a képzési elemek egymásra épülésének biztosításával a hálózatos együttműködés.

A projekt keretén belül kidolgozásra került a régió energetikai stratégiája a hatékonyság elemzése, majd ez alapján az újítási lehetőségek felvázolása révén, különös tekintettel a közintézményekre az osztrák jó példák, mintaprojektek átvételével, és felhasználásával. A régi épületek energetikai felújításához optimalizált kivitelezési eljárásokat leíró kézikönyv készült. A projekt eredményeként az Agrárműszaki Tanszéken jelentősen fejlődött a képzés és a kutatás infrastrukturális háttere. A tüzeléstechnikai paraméterek vizsgálatát szolgáló műszerekkel ellátott pelletkazan felszerelése, hőkamera, valamint a megújuló energetikai alapterületekhez labor egységcsomag beszerzése, oktatóterem kialakítása mind a projektnek köszönhetően szolgálják a hosszú távú minőségi célokat.

A projektben a Georgikon Kar (vezető partner) és a bécsújhelyi HTL-en kívül számos együttműködő szervezet vesz még részt magyar és osztrák oldalról egyaránt, főként kistérségi társulások, egyesületek, közhasznú szervezetek, társaságok.

Biotechnológiai Kutatócsoport kutatási projektjei. A Biotechnológiai Kutatócsoport a Georgikon Kar dinamikus fejlődő tudományos műhelye. Fő kutatási projektjei a nemzetközi trendeket figyelembe véve a Kar más egységeinek meghatározó kutatási főirányaihoz kapcsolódnak.

Egyik jelentős kutatási terület a *szaporodásbiológiával összefüggésbe hozható gének vizsgálata az ürömlevelű parlagfűben (Ambrosia artemisiifolia)*. (OTKA 100919, 2012-2016). A projekt célja a hím-, illetve a nővirágok identitását meghatározó gének izolálása, valamint a virágok fejlődése során kifejeződő jelentős gének, - így a pollen, illetve magfejlődés kontroll génjeinek - izolálása. Az izolált gének funkcionális vizsgálatához a kutatócsoport egy transzformációs/regenerációs rendszert fejleszt ki, mely alapja lehet a parlagfű káros hatásai elleni védekezés új eljárásainak. A kutatási téma kapcsolódik a SMARTER (Sustainable Management of Ambrosia artemisiifolia in Europe) COST projekthez, melyben 126 kutató vesz részt a világ számos országából. A Biotechnológia

Csoport vezetője a COST projekt (FA1203) vezetőségi tagja és magyarországi parlagfű kutatók képviselője is egyben.

A *Molekuláris eszközfejlesztés a burgonya rezisztencianemesítésben történő alkalmazás céljából* szintén jelentős kutatási főirány, melynek célja a burgonya jelentősebb kórokozóival, a fitoftórával, a PVY, PVX, PVS vírusokkal szemben rezisztenciát biztosító gének lokalizálása a burgonyagenomban, illetve a nemesítés szelekciós lépéseinek hatékonyságát jelentősen növelő, könnyen alkalmazható molekuláris eljárások kifejlesztése. A vizsgálatokban nagy előrelépést jelent a nemzetközileg is újdonságnak számító legújabb molekuláris genetikai eljárások, így az új generációs szekvenálás (next generation sequencing) alkalmazása.

Tenyészállatok automatizált citogenetikai szűrővizsgálatai. A flow citometria rendkívül precíz és gyors sejtanalitikai vizsgálatokat tesz lehetővé, ezért hatékony eszköze lehet a citogenetikai szűrővizsgálatoknak. A jelen pályázat fő célja a flow citometriás transzlokáció-detektálási protokoll optimalizálása. Korszerű sejtjelölési és adatelemzési technikák alkalmazásával a mérések precizitásának növelése, és egy standardizált spermiumnukleusz-dekondenzációs protokoll kidolgozása.

Kutatást szolgáló infrastruktúra fejlesztése

Az oktatási-kutatási tevékenységhez, a technológia,- termék,- és szolgáltatásfejlesztésekhez a legmodernebb technikai háttérrel használva a TIOP-1.3.1/07/2 program támogatásával magas színvonalú tudásbázist és inkubátorházként is működő innovációs szolgáltató központot hoztunk létre. A Bioinnovációs Kutató és Szolgáltató Központban számos kutatási terület jut jelentős méretű, korszerűen felszerelt laborfelülethez.

Célunk, egyfelől, hogy a molekuláris genetikai, *in vitro* növény-biotechnológiai, mikrobiológiai, és analitikai területén folytatandó tevékenységünk eredményeképp a gazdasági megújulás számára új termékeket, szolgáltatásokat fejlesszünk ki. A fejlesztés megvalósításával egy laboratóriumi központba integráljuk másfelől az alábbi, a környezetbarát gazdálkodást szolgáló minősített mérést végző egységeket:

- növényegészségügyi, károsítódiaosztikai labor,
- talajminőségi labor,
- élelmiszer- és takarmányanalitikai labor, valamint
- növényvédő gép mérő-minősítő laboratórium.

A megvalósult beruházás eredményeként az egyes szakterületek kutatói, oktatói a Pannon Egyetemen működő Doktori Iskolák hallgatói számára magas színvonalú technológiai laboratóriumi háttérrel teremtünk az eredményes kutatói munkához. Biztosítjuk a BSc és MSc szakos hallgatók, szakmérnök hallgatók bemutató oktatását, a gyakorlati szakemberek továbbképzését.

A szolgáltatások létrehozásával lehetőséget biztosítunk a termelők számára az ágazati jogszabályokban megfogalmazott elvárásoknak való megfeleléshez szükséges vizsgálatok egy helyen történő elvégzéséhez.

Állatorvosi és állattenyésztési kutatások

KIFEJLETT MAGYAR SPORTLÓ TENYÉSZKANCÁK ÉLŐSÚLYA, TESTMÉRETEI ÉS ÍZÜLETI SZÖGEI

BENE SZABOLCS, KECSKÉS BORBÁLA SAROLTA, POLGÁR J. PÉTER

*Pannon Egyetem Georgikon Kar
Állattudományi és Állattenyésztéstani Tanszék
8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.
bene-sz@georgikon.hu*

A Szerzők öt hazai magyar sportló-tenyészetben – Mezőhegyes, Hortobágy-Máta, Rádiháza, Enying-Sáripuszta, Keszthely – 97 kifejlett tenyészkanca élő súlyát és 21 testméretét vették fel, majd értékelték. Meghatározták a relatív testméreteket és néhány testarány indexet is. A tenyészetek összehasonlítását egytényezős varianciaanalízissel végezték. A rádiházi állományban a testméreteket és az ízületi szögeket fotometriás eljárással is felvették. Számos tulajdonságban statisztikailag igazolható különbségeket találtak a tenyészetek között. Ez elsősorban abban nyilvánult meg, hogy a sáripusztai állomány élő súlya és testméretei nagyobbak voltak a másik négy tenyészetben mért adatoknál. Az élő súllyal a legszorosabb korrelációt az övméret ($r = 0,87$; $P < 0,01$), a ferde törzhosszúság ($r = 0,75$; $P < 0,01$) és a bal hátsó lábon mért szárkörméret ($r = 0,72$; $P < 0,01$) mutatta. A várakozásokkal ellentétben úgy tűnik, a magyar sportló kancaállomány legalább annyira homogén az élő súly és a testméretek tekintetében, mint a korábban vizsgált melegvérű fajták egyedei.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az 1960-as években a magyar mezőgazdaság nagyüzemivé válása és a gépesítés következtében az ország területén nagyon sok ló feleslegessé vált. A megmaradt loállomány hasznosítási iránya megváltozott, az elsődleges tenyész cél a sportra, elsősorban a díjugratásra alkalmas ló kitenyésztése lett. E cél megvalósítása érdekében Mezőhegyesen létrehoztak egy új ménest, melyet vegyes származású, de sportban kipróbált kancák alkottak. Ezeket a kancákat hannoveri, holsteini és angol telivér ménekkel kezdték fedeztetni (*Pataki 2001, Mihók és Pataki 2003*). Az így létrejött genotípust 1984-ben mezőhegyesi sportló néven fajtaként ismerték el. A fajtát ma magyar sportlónak nevezzük.

A fentiekből kitűnik, hogy a magyar sportló nem egységes fajta. Sokkal inkább a hagyományos magyar fajtáknak a Nyugat-európai sportló fajtákkal történő (fajta-átalakító) keresztezés eredményeként jött létre. A fajta tehát szintetikusnak tekinthető, melyben a nyitott törzskönyvezés elve érvényesül (*Bodó és Hecker 1992*).

A széles genetikai variancia miatt az állomány a küllem tekintetében sokáig nem volt egységes. A tenyész cél a modern sportló küllemének kialakítása volt, melyet igyekeztek a szelekciós rendszerbe is beépíteni (napjainkban a méneskönyvbe kerülés előfeltétele a küllemi minősítés). Ez, valamint a felhasznált külföldi fajták többé-kevésbé hasonló külleme azt eredményezte, hogy mára a fajta a korábinál sokkal egységesebb ráját, testarányokat és testméreteket mutat. A kívánatos marmagasság bottal 165-170 cm, szalaggal 177-183 cm, az övméret 186-200 cm, a szárkörméret pedig 21-23 cm (*Bodó és Hecker 1992, Pataki 2001*).

A hazai és nemzetközi szakirodalomban számos forrásmunka foglalkozik a különböző fajták testméreteivel és ízületi szögeivel (*Mészáros 1977, Hintz és mtsai. 1978, Molina és mtsai. 1999, Zechner és mtsai. 2001, Smith és mtsai. 2006, Posta és Komlósi 2007ab, Matsuura és mtsai. 2008, Cervantes és mtsai. 2009 stb.*). E forrásmunkákat korábbi dolgozatunkban (*Bene és mtsai, 2009*) összefoglaltuk, így itt nem részletezzük.

A fentiek tükrében vizsgálatunk célja újabb adatok és információk gyűjtése volt a kifejlett magyar sportló fajtájú tenyészkanca élő súlyát és testméreteit illetően. Jelen

munkánkban az abszolút testméreteket, a testarány indexeket, az ízületi szögeket, valamint a testméretek és az élősúly között számított fenotípusos korrelációs értékeket mutatjuk be.

Anyagok és módszerek

Munkánk során 97 kifejlett (négy évnél idősebb) magyar sportló tenyészkanca élősúlyát és 21 testméretét vettük fel, majd értékeltük ki. A mérések öt tenyészetben, Mezőhegyesen, Hortobágy - Mátán, Rádiházán, Enying - Sáripusztán, valamint Keszthely környékén (a Georgikon Tanüzem és néhány környékbeli lovarda állománya együtt) történtek.

Az élősúlyt és a testméreteket tenyészetenként egytényezős varianciaanalízissel (F-próba) hasonlítottuk össze. Azokban az esetekben, ahol az F-próba szignifikáns különbséget mutatott, a tenyészetek közti különbségek kimutatására - az eltérő létszámok miatt - Tukey tesztet használtunk.

Munkánk során kiszámítottuk a bottal mért marmagasság arányában megadott relatív testméreteket, valamint meghatároztunk néhány testarány indexet is (*Bodó és Hecker 1992, Cabral és mtsai. 2004, Druml és mtsai. 2008*).

Az élősúly és a testméreti adatok között fenotípusos korrelációs együtthatókat határoztunk meg.

Munkánk során a Rádiházán tartott lovak 16 testméretét és 11 ízületi szögét, azaz minden kanca esetében 27 küllemi paramétert fotometriás eljárással is meghatároztunk. A paraméterek meghatározásának módját korábbi dolgozatunkban (*Bene és mtsai. 2013*) részletesen ismertettük, így annak újbóli bemutatásától itt eltekintünk.

Az adatok előkészítését Microsoft Excel 2003 programmal, az adatbázis kiértékelését pedig az SPSS 9.0 (1998) statisztikai programcsomaggal végeztük.

Eredmények és következtetések

Az 1. táblázatban a kifejlett magyar sportló fajtájú tenyészkancák élősúlyát és testméreteit mutatjuk be.

1. táblázat: A kifejlett magyar sportló tenyészkancák testméretei

Tenyészet	Mező-hegyes	Máta	Rádi-háza	Sári-pusztá	Keszthely	Össz.	P
N	32	15	28	11	11	97	
Élősúly	585,8	613,7	601,6	633,6	592,9	600,9	NS
Marmagasság bottal	^a 164,9	^a 165,9	^a 164,4	^b 170,0	^{ab} 166,8	165,7	<0,01
Marmagasság szalaggal	174,5	176,0	174,0	177,5	173,7	174,8	NS
Hátközép magasság	^a 154,7	^{abc} 156,8	^{ab} 155,3	^c 159,9	^{bc} 157,5	156,1	<0,01
Farbúb magasság	^{ab} 162,4	^a 163,9	^b 160,8	^c 168,1	^a 164,0	163,0	<0,01
Mellkasmélység	78,2	77,7	77,6	78,7	76,4	77,8	NS
Bielerpont magasság	^a 86,7	^{ab} 88,2	^a 86,8	^c 91,3	^{bc} 90,4	87,9	<0,01
Törzshosszúság	^a 166,2	^b 173,7	^a 168,7	^b 171,7	^{ab} 170,1	169,1	<0,01
Ferde törzshosszúság	^a 169,8	^b 177,2	^b 174,1	^b 175,9	^{ab} 173,5	173,3	<0,01
Nyakhosszúság	94,8	96,0	94,4	98,6	95,0	95,3	NS
Háthosszúság	90,4	89,6	90,9	94,6	90,3	90,9	NS
Farhosszúság	^a 57,8	^a 56,8	^b 59,1	^c 61,5	^{ab} 58,0	58,5	<0,01
Vállszélesség	^a 43,9	^a 44,9	^b 46,4	^b 47,0	^a 44,6	45,2	<0,01
Mellkasszélesség	47,1	47,8	48,6	48,1	46,7	47,7	NS
Far I. szélesség	^a 57,6	^a 58,8	^a 58,0	^b 60,6	^a 57,9	58,3	<0,01
Far II. szélesség	^a 55,1	^{bc} 57,1	^b 57,6	^d 59,1	^{ac} 55,7	56,6	<0,01
Far III. szélesség	^a 21,2	^b 19,1	^a 22,1	^c 23,8	^a 21,8	21,5	<0,01
Övméret	194,4	197,9	196,4	199,6	195,5	196,3	NS
Bal mellső szárkörméret	^a 20,5	^a 20,8	^a 20,3	^b 21,5	^a 20,3	20,6	<0,01
Bal hátsó szárkörméret	^{ab} 22,9	^{ac} 23,5	^d 22,3	^c 23,8	^{bd} 22,5	22,9	<0,01
Fejhosszúság	^a 62,8	^a 62,9	^b 61,3	^c 65,1	^{ab} 61,8	62,6	<0,01
Homlokszélesség	^a 23,9	^{bc} 23,3	^{ab} 23,8	^a 24,2	^c 23,0	23,7	<0,01

az azonos betűt nem tartalmazók egymástól szignifikánsan ($P < 0,05$) különböznek

Az adatok kiértékelése során kapott eredményeink részben az eddigi információkhoz hasonlóan, részben azoktól eltérően alakultak. Nevezetesen a bottal mért marmagasság, a szalaggal mért marmagasság, valamint a szárkörméret - mint a gyakorlatban leggyakrabban mért testméretek - a szakirodalomban fellelhető értékeknél néhány cm-rel kisebbek voltak. Az övméret azonban hasonló volt azokhoz az adatokhoz, amiket a forrásmunkákban találtunk.

A tenyészetek között statisztikailag igazolható különbségeket találtunk a vizsgált tulajdonságokban. E különbözőség forrása elsősorban a sáripusztai állomány volt, ahol számos tulajdonság esetén nagyobb értékeket tapasztaltunk, mint a másik négy tenyészetben. A sáripusztai kancák testméretei teljes azonosságot mutattak a szakirodalomban fellelhető információkkal. A másik négy tenyészet adatai egymáshoz nagyon hasonlóak voltak, talán a mátai kancák magassági- és körméretei, ill. a rádiházi kancák szélességi méretei voltak kis mértékben nagyobbak. Megállapítható, hogy Sáripusztán a magyar sportló nagyobb ráamájú típusát tenyésztik, a másik négy tenyészet kancaállománya egymáshoz nagyon hasonló volt.

Az élősúllyal a legszorosabb kapcsolatot ($r = 0,71-0,87$; $P < 0,01$) a kondícióval, tápláltsági állapottal összefüggő testméretek (övméret, szalaggal mért marmagasság, ferde törzhosszúság) mutatták.

A testméretek szórás értékei 0,9-6,7 cm között, cv% értékei pedig 2,4-6,7% között változtak. Korábban a gidrán, az angol telivér és a nóniusz fajták esetén is hasonló szórásértékeket tapasztaltunk. A legfontosabb testarány indexekben valamint a - bottal mért marmagasság százalékában számított - relatív testméretekben nem találtunk számottevő különbséget a tenyészetek között. Várakozásainkkal ellentétben úgy tűnik, a magyar sportló kancaállomány legalább annyira homogén az élősúly és a testméretek tekintetében, mint a korábban vizsgált melegvérű fajták egyedei.

A magyar sportló fajtájú tenyészkancák ízületi szögei a következők voltak: vállízület szöge 80,6 fok, könyökízület szöge 104,5 fok, csüdízület szöge elöl 130,3 fok, pártacsont szöge elöl 56,4 fok, lapocka szöge 59,3 fok, forgató ízület szöge 95,9 fok, térdízület szöge 110,8 fok, csánkízület szöge 136,6 fok, csüdízület szöge hátul 131,8 fok, pártacsont szöge hátul 55,3 fok, a csípő szöge pedig 43,2 fok (2. táblázat). Ilyen jellegű küllemi információkat a hazai tudományos szakirodalomban nem találtunk, így ezek az eredmények hazánkban újszerűnek tekinthetők.

2. táblázat: A kifejlett magyar sportló tenyészkancák ízületi szögei

Testméret (fok, ill. cm)	Életkor								P
	4-5		6-13		14≤		Össz.		
	\bar{X}	v%		v%		v%		v%	
N	10		10		8		28		
α , Vállízület szöge	81,1	3,6	80,3	3,1	80,3	2,7	80,6	3,1	0,744
β , Könyökízület szöge	105,5	4,1	103,6	4,6	104,3	3,3	104,5	4,0	0,606
γ , Csüdízület szöge	131,0	3,6	130,9	4,0	128,6	2,3	130,3	3,4	0,461
δ , Pártacsont szöge	57,1	9,1	57,3	8,0	54,4	8,4	56,4	8,5	0,383
ϵ , Lapocka szöge	59,5	3,8	59,7	6,4	58,6	3,5	59,3	4,7	0,685
η , Forgató ízület szöge	^a 94,3	2,9	^{ab} 96,0	3,1	^b 97,8	2,8	95,9	3,2	0,043
π , Térdízület szöge	108,8	5,5	112,7	3,5	110,9	4,9	110,8	4,7	0,245
κ , Csánkízület szöge	136,5	1,5	136,8	2,5	136,5	1,2	136,6	1,8	0,939
χ , Csüdízület szöge	131,2	4,5	133,3	3,0	130,7	2,6	131,8	3,5	0,441
ω , Pártacsont szöge	55,5	5,4	55,7	11,0	54,6	7,4	55,3	8,1	0,884
λ , A csípő szöge	43,1	7,0	43,2	7,2	43,2	5,2	43,2	6,4	0,989

A különböző korcsoportok fotometriás eljárással felvett testméretei és az ízületi szögei között nem találtunk statisztikailag igazolható különbségeket. Megállapítható, hogy - korábbi hagyományos eszközökkel történő méréseink eredményeihez hasonlóan - 4 éves kor felett a rámához kapcsolódó testméretek és ízületi szögek nem változnak számottevő mértékben, azokat az életkor jellemzően nem befolyásolja.

A hagyományos módszer és a fotometriás eljárás eredményeinek összehasonlítása során részben a várakozásainknak megfelelő, részben attól eltérő eredményeket kaptunk. A marmagasság, a farbúmagasság, a törzshosszúság és a mellkasmélység esetén a két módszer szinte teljesen azonos eredményeket mutatott. A háthosszúság és a farhosszúság esetén egymástól eltérő eredményeket tapasztaltunk. Azt, hogy ez utóbbi testméretek esetén melyik módszer adta a valósághoz közelebb álló eredményt, meglehetősen nehéz megmondani. Ennek tisztázására további vizsgálatok és összehasonlító mérések szükségesek.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program - Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Bene Sz., Nagy B., Szabó F. (2009) Különböző fajtájú tenyészkancák élősúlya és testméretei. 1. közlemény: Irodalmi áttekintés. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 58: 213-230.
- Bene Sz., Giczi A., Polgár J.P. (2013) Különböző fajtájú lovak fotometriás eljárással felvett testméretei és ízületi szögei. 2. közlemény: A mérések módszertana. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 62: 136-151.
- Bodó I., Hecker W. (1992) Lótenyésztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Cabral, G.C., de Almeida, F.Q., Quirino, C.R., de Azevedo, P.C.N., Batista Pinto, L.F., Santos, E.M., (2004) Avaliação morfométrica de equinos da raça Mangalarga Marchador: índices de conformação e proporções corporais. *R. Bras. Zootec.* 33: 1798-1805.
- Cervantes, I., Baumung, R., Molina, A., Druml, T., Gutiérrez, J.P., Sölkner, J., Valera, M. (2009) Size and shape analysis of morphofunctional traits in the Spanish Arab horse. *Liv. Sci.* 125: 43-49.
- Druml, T., Baumung, R., Sölkner, J. (2008) Morphological analysis and effect of selection for conformation in the Noriker draught horse population. *Liv. Sci.* 115: 118-128.
- Hintz, H.F., Hintz, R.L., Van Vleck, L.D. (1978) Estimation of heritabilities for weight, height and front cannon bone circumference of thoroughbreds. *J. Anim. Sci.* 47: 1243-1245.
- Matsuura, A., Ohta, E., Ueda, K., Nakatsuji, H., Kondo, S. (2008) Influence of equine conformation on rider oscillation and evaluation of horse for therapeutic riding. *J. Equine Sci.* 19: 9-18.
- Mészáros Gy. (1977) Új módszer a szarvasmarhák testméreteinek felvételére és testarányaik elemzésére. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 26: 525-532.
- Mihók S., Pataki B. (2003) Lófajták. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Molina, A., Valera, M., Dos Santos, R., Rodero, A. (1999) Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. *Liv. Sci.* 60: 295-303.
- Pataki B. (2001) Magyar sportló. In: Mihók S. (szerk.): Gazdasági állataink - Fajtatán. Ló és számár. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Posta J., Komlósi I. (2007a) Magyar sportló kancák sajtóteljesítmény vizsgájának paraméterbecslései. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 56: 253-261.
- Posta J., Komlósi I. (2007b) Magyar sportló kancák néhány testméretének genetikai elemzése. *Agrártudományi Közlemények* 26: 40-43.
- Smith, A.M., Burton Staniar, W., Splan, R.K. (2006) Associations between yearling body measurements and career racing performance in Thoroughbred racehorses. *J. Equine Vet. Sci.* 26: 212-214.
- Zechner, P., Zohman, F., Sölkner, J., Bodó, I., Habe, F., Marti, E., Bremf, G. (2001) Morphological description of the Lipizzan horse population. *Liv. Prod. Sci.* 69: 163-177.

KÍSÉRLETEK A LESŐHARCSEA (SILURUS GLANIS) INTENZÍV TÖMEGTERMELÉSÉNEK MEGALAPOZÁSÁRA. (I-II) (N-FORMÁK MEGJELENÉSE, ETETÉSI GYAKORISÁG HATÁSAI)

BERCSÉNYI MIKLÓS¹, HAVASI MÁTÉ¹, BELICZKY GÁBOR¹, GÁL DÉNES²,
BALIKÓ TÍMEA², SZÉKELY CSABA³, MERTH JÁNOS¹, PÁL LÁSZLÓ¹

¹Pannon Egyetem Állattudományi és Állattenyésztési Tanszék, 8361 Keszthely, Deák F. u. 16.
bm@georgikon.hu

²Halászhalmi és Öntözési Kutatóintézet, Vízügyi és Környezetvédelmi Központ, 5541 Szarvas, Anna liget 8.
gald@haki.hu

³MTA ATK Állatorvos-tudományi Intézet, Halkórtan és parazitológia témacsoport
1143 Budapest, Hungária krt. 21.
szekely@vmri.hu

A hazai tavi lesőharcsa tenyésztés technológia fejlesztésének megalapozásához két kísérletet végeztünk.

Az egyikben a vízben oldott szerves nitrogén-formák megjelenését vizsgáltuk harcsa ürülék és tavi iszap kölcsönhatásának függvényében. Megállapítottuk, hogy a tavi iszap jelenléte nyilvánvalóan mikrobiális hatásra meggyorsítja a harcsa *faeces*ből képződő $\text{NH}_4 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$ formák átalakulását. Kísérletünkben 19°C-on az NH_4 koncentráció a csak harcsa *faecesszel* kezelt edény vizében 9 nappal a kezelés után csökkent 0,4 mg/l érték alá, míg a *faeces* + tavi iszap kezelésben ez már 6 nap alatt megtörtént. NO_2 tekintetében a koncentráció csúcs a csak *faecesszel* kezelt edényben 9 nappal a kezelés után mutatkozott, míg a tavi iszap kiegészítés mellett ez 4 nappal a kezelés után következett be.

A másikban az etetési gyakoriság hatását vizsgáltuk a növekedésre és a takarmány-értékesítésre. Három etetési gyakoriságot (napi egyszeri, napi háromszori és folyamatos) alkalmaztunk, három ismétlésben. A $59,9 \pm 12,8$ g kezdőtömegű halak a hat-hetes nevelési idő alatt több, mint megkétszerezték a testsúlyukat. Az etetési gyakoriságnak ezen idő alatt nem volt lényeges hatása sem a takarmányértékesítésre, sem a növekedésre. Ez azért biztató, mert a tavi nevelés esetén a napi egyszeri takarmányozás – a folyamatos, vagy napi többszörös etetéshez képest – jelentősen egyszerűsítheti és versenyképesebbé teheti a technológiát.

Bevezetés

A magyar tógazdasági haltenyésztés erősen ponty dominanciájú. A piacok ma elsősorban a szálkamentes halakat igénylik. Magyarország klimatikus adottságai és a rendelkezésre álló jelentős halastó felület lehetővé tenné, hogy hazánk a lesőharcsa európai termelési központjává váljon. Előkísérletek azt mutatják, hogy a lesőharcsa nem csak a hagyományos módon, táplálékhal biztosításával, alacsony intenzitással, hanem mesterséges takarmányon is jól nevelhető. A tóban, intenzív módon folytatott harcsatenyésztésnek két fontos szempontot figyelembe kell vennie. Egyrészt a környezeti terhelés lehetőleg minimális legyen, másrészt a technológia biztosítsa a piaci versenyképességet.

A takarmányként bejuttatott tápanyagoknak - részben biológiai, részben technológiai okok miatt - csak kis hányada ($\approx 30\%$) hasznosul a termelés során, (*Avnimelech és mtsai. 1995; Hargreaves, 1998; Brune és mtsai. 2003; Avnimelech, 2006*).

A haltermelés által nem hasznosított tápanyagok a rendszerben felhalmozódnak és a vízminőség romlásnak indul. Az üledékből, *faeces*ből bomlás útján felszabaduló, illetve a halak kopolyáján át kiválasztott ammónia vízben – ideális körülmények között – hidrolizál,

majd a létrejövő ammónium ionokat a nitrifikáló baktériumok nitrit és nitrát ionokká oxidálják (*Hagopian és Riley, 1998; Gross és mtsai. 2000*).

Első kísérletünkben a *harcsafaeces*-ből felszabaduló, vízben oldott nitrogén-formák (NH_4 , NO_2 , NO_3) időbeni megjelenését vizsgálatuk, tavi üledék hatására. Ennek a kísérletnek a célja az volt, hogy a halak számára káros nitrogén formák megjelenési dinamikáját megismerve pontosabban tervezhessük a megengedhető takarmányozási intenzitást. Egy megfelelő technológiával pedig az indokolt szintre csökkenthessük a környezeti terhelést

Második kísérletünkben az etetési gyakoriság hatását vizsgáltuk a növekedésre és a takarmány-értékesítésre. Az etetési gyakoriságnak erre a két termelési paraméterre való hatásának ismerete azért fontos, mert ezáltal optimalizálni lehet a termelési költségeket, javítani a takarmány-értékesítést, csökkenteni a szétnövést, valamint a munkaerő szükségletet (*Alanärä, 1992; Jobling, 1983; Linnér és Brännäs, 2000; Silva és mtsai. 2007; Zakęs és mtsai. 2006*).

Anyagok és módszerek

1. kísérlet

Kísérletünkben, 20-liternyi víztérfogatban 300ml nedves, rostált balatoni iszapot, valamint 35g nedves tömegű harcsaürüléket használtunk. Az arányokat úgy választottuk meg, hogy egy kb. 10t/ha kapacitású rendszert modellezzünk. A harcsaürüléket a vizsgálatot megelőzően gyűjtöttük egy recirkulációs rendszerből, melyben kísérleti, tápra szoktatott egyedek voltak. Az alkalmazott haltáp 49%deklarált nyersfehérjét tartalmazott (CoppensStecoSupreme). A kidolgozni kívánt technológiával összhangban az ürülék mellett az el nem fogyasztott tápmaradékot is gyűjtöttük, mivel véleményünk szerint tavi technológiában is gyakran marad az üledéken feleslegben takarmány. Kezeléseink a következők voltak: ÜLEDÉK, FAECES, ÜLEDÉK+FAECES; 3-3 ismétlésben. Hetente kétszer mértük a víztérben oldott szerves nitrogénformák (NH_4^+ -N, NO_2^- -N és NO_3^- -N) mennyiségét 8 héten át. Az egyes mintavételek alkalmával rögzítettük a víztér fontosabb fizikai-kémiai paramétereit úgy, mint: hőmérséklet, pH (Hanna Combop H&EC), oldott oxigén koncentráció, (Oxyguard Handy Polaris). Az esetlegesen kialakuló anaerob körülményeket enyhe levegő porlasztással előztük meg. A porlasztást úgy állítottuk be, hogy az láthatólag nem okozta az üledék felkavarodását.

2. kísérlet

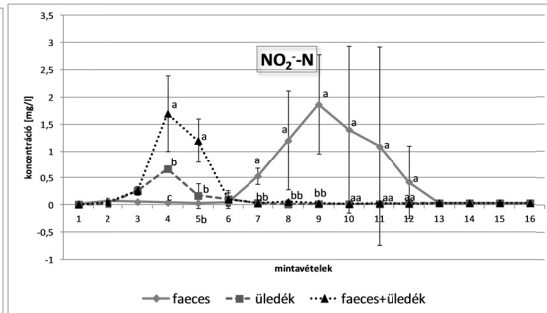
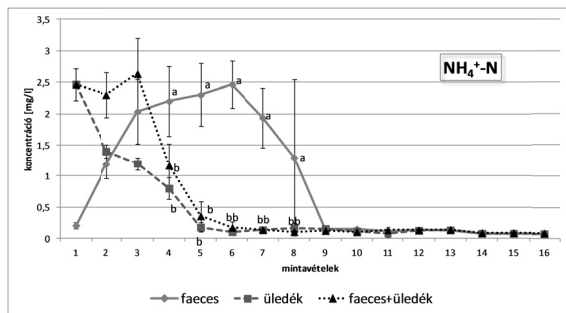
A kísérlethez 139 db tápra szoktatott halat használtunk fel. A kiindulási átlagtömeg $59,9 \pm 12,8$ g volt. Akváriumonként 15 példányt helyeztünk el $2,81 \pm 0,12$ g/l telepítési sűrűségben. Az alkalmazott táp az 1. sz. kísérletben alkalmazottal egyező volt. A kísérlet során három különböző kezelést alkalmaztunk három-három ismétlésben. Az egyik kezelés során automata szalagvető segítségével, a nappali órákban 12 órán keresztül folyamatosan etettük a halakat. A második csoport a teljes napi mennyiséget egyszerre, egy alkalommal kapta, kézi etetéssel. A harmadik csoport halait napi három alkalommal etettük, a napi adagot egyenlő mennyiségekre elosztva. A napi takarmányadag mindegyik kezelés esetén azonos volt, az állomány testtömegének 2,5%-a. Hetente mértük a halak egyedi tömegét és teljes testhosszát. A mérlegelések előtti napon a halakat már nem etettük. A napi takarmányadag értékét a mérlegelések eredménye alapján hetente módosítottuk. A mért adatokból számítottuk a takarmányértékesítést (foodconversion ratio, FCR) heti periódusokra és a kísérlet egészére vonatkozóan, meghatároztuk a napi abszolút, egyedi növekedést (growth, G) g/nap értékben heti periódusonként. A növekedés intenzitását százalékos értékekben is kifejeztük a specifikus növekedési ráta (specificgrowthrate, SGR) számításával. Az állományon belüli szétnövés szemléltetésére a variációs koefficiens használtuk:

Eredmények és következtetések

1. kísérlet

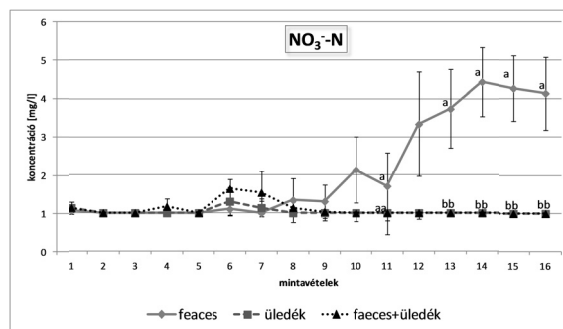
Vizsgálatunk alatt a kísérleti rendszer átlag hőmérséklete $19, \pm 1,2^\circ\text{C}$, a víz pH értéke $7,7 \pm 0,1$ oldott oxigén koncentrációja $7,4 \pm 1\text{mg/l}$ ($81 \pm 10\%$ telítettség) volt. Az egyes kezelésekből eltérő sebességgel és intenzitással szabadult fel az ammónia a szerves anyagból, valamint az ezt követő nitrifikáció folyamata is különbözött a csoportokban (1-3.

ábra).Megállapítottuk, hogy a tavi iszap jelenléte-nyilvánvalóan mikrobiális hatásra meggyorsítja a harcsa *faeces*ből képződő $\text{NH}_4 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$ formák átalakulását. Kísérletünkben 19°C-on az NH_4 koncentráció a csak harcsa *faecesszel* kezelt edény vizében 9 nappal a kezelés után csökkent 0,4 mg/l érték alá, míg a *faeces* + tavi iszap kezelésben ez már 6 nap alatt megtörtént. NO_2 tekintetében a koncentráció csúcs a csak *faecesszel* kezelt edényben 9 nappal a kezelés után mutatkozott, míg a tavi iszap kiegészítés mellett ez 4 nappal a kezelés után következett be.



1. ábra. NH_4 koncentráció időbeni változása faeces, üledék, faeces+üledék kezelésekben

2. ábra. NO_2 koncentráció időbeni változása faeces, üledék, faeces+üledék kezelésekben

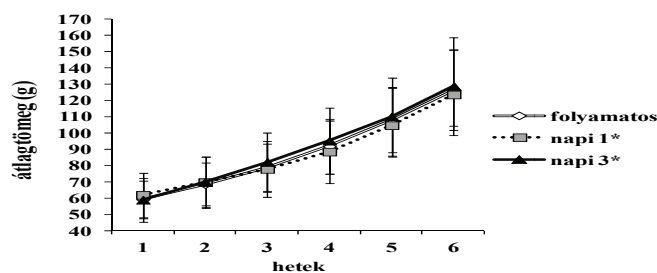


3. ábra. NO_3 koncentráció időbeni változása faeces, üledék, faeces+üledék kezelésekben

2. kísérlet

Növekedés:

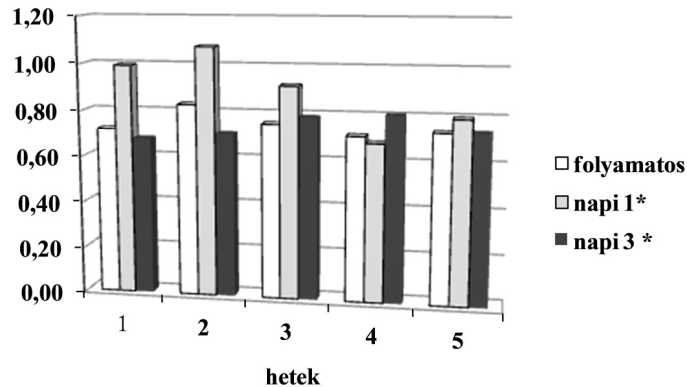
A hat hétig tartó kísérlet alatt az egyedek megkétszerezték a testtömegüket, az átlagtömeg $59,9 \pm 12,8$ g értékről $126 \pm 27,3$ g értékre *nőtt* (4. ábra). Az átlagtömeget tekintve a folyamatosan etetett halak 213,5%-os, a napi 3 alkalommal etetett halak 218,3%-os, míg a napi 1 alkalommal etetett csoport halai 199,5%-os növekedést értek el. A halak növekedése exponenciális függvénnyel írható le ($R^2:0,9913-0,9992$). Az egyes kezelések között nem mutatkozott szignifikáns különbség a végső átlagtömegek tekintetében.



4. ábra. A kezelési csoportok testtömeg növekedése

Takarmány-értékesítés:

A takarmányértékesítés a kísérlet elején a napi 1 alkalommal etetett halak esetében volt a leggyengébb (5. ábra). Az utolsó mérésig a takarmányértékesítés javulása volt megfigyelhető ebben a csoportban. A másik két kezelés egymástól nem különbözött és nem változott a kísérlet zárásáig. Ekkor a három kezelés takarmányértékesítése között már nem volt különbség. A vizsgálat teljes időtartamára számított takarmányértékesítés a napi 1 alkalommal etetett csoport esetében volt a legrosszabb: 0,89. A másik két kezelés takarmányértékesítése között nem volt számottevő különbség (folyamatos: 0,76; napi 3 alkalom: 0,77).



5. ábra. A kezelési csoportok heti takarmány-értékesítései

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Nagy Gábor, Lévai Ferenc és Máté Imre uraknak hasznos tanácsaikért. A kísérletek az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg. (GOP-1.1.1-11-2011-0028)

Irodalom

- Alanära A. (1992) The effect of time-restricted demand feeding on the feeding activity, growth and feed conversion in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 108: 357–368.
- Avnimelech Y., Mozes N., Diab S., Kochba M., 1995 Rates of organic carbon and nitrogen degradation in intensive fish ponds. *Aquaculture* 134:211-216.
- BELICZKY G., HAVASI M., NÉMETH S., BERCSÉNYI M., GÁL D. (2013) Environmental load of wels (*Silurus glanis*) fed by feeds of different protein levels. *AACL Bioflux* 6(1):12-17.
- Brune D. E., Schwartz G., Eversole A. G., Collier J. A., Schwedler T. E., 2003 Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. *Aquacult. Engin.* 28:65-86.
- Gross A., Boyd C. E., Wood C. W., 2000 Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds. *Aquacult. Engin.* 24:1-14.
- Hagopian D. S., Riley J. G., 1998 A closer look at the bacteria of nitrification. *Aquacult. Engin.* 18:223–244.
- Hargreaves J. A., 1998 Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture* 166: 181-212.
- Bolliet V., Aranda A., Boujard T.H. (2001) Demand feeding rhythm in rainbow trout and European catfish Synchronisation by photoperiod and feed availability. *Physiol. Behav.*, 73: 625-633.
- Boujard T. (1995) Diel rhythms of feeding activity in the European catfish, *Silurus glanis*. *Physiol. Behav.*, 58: 641-645.
- Havasi M., Oláh T., Felföldi Z., Nagy Sz., Bercsényi M. (2012) Passing times of two types of feeds in wels (*Silurus glanis*) at three different temperatures. *Aquacult. Int.*, 15 (5), DOI: 10.1007/s10499-012-9564-y
- Müller F. (1990) Economical analysis of some superintensive technologies for fish production in Szarvas. *Aquacult. Hung.*, VI: 235-246.

BAROMFI TÁPOK FITÁZ ÉS XILANÁZ ENZIM-KIEGÉSZÍTÉSÉNEK HATÁSA AZ AMINOSAVAK EMÉSZTHETŐSÉGÉRE

DUBLECZ KÁROLY, PÁL LÁSZLÓ

*Pannon Egyetem, Georgikon Kar
Állattudományi és Állattenyésztési Tanszék
8360 Keszthely, Deák F. u. 16.
dublec@georgikon.hu*

A takarmányiparban általánossá vált a különböző enzim-kiegészítők használata. Az egyes enzimek specifikus hatásai jól körvonalazhatók, de kölcsönhatásuk nem minden vonatkozásban egyértelmű. Közismert például, hogy a nagyobb búza vagy egyéb melléktermék tartalmú tápoknál az enzimhatás nagyobb, kukorica-szója alapú tápok esetében viszont kisebb. A jól emészthető komponensek emészthetőségét az enzimek általában kisebb mértékben javítják. Így van ez az aminosavak vonatkozásában is. A bemutatott kísérletek eredményei alapján többfajta enzim együttes hatása általában nem vehető figyelembe additív módon. Emészthető aminosav alapú receptúra készítésekor, a nagyobb búza és melléktermék tartalmú tápoknál az enzimek aminosav emészthetőséget befolyásoló hatását aminosav specifikusan célszerű figyelembe venni (THR, CYS).

A fitáz nem csupán a P és Ca hasznosulást befolyásolja, hanem a keményítő, a fehérjék és a mikroelemek emészthetőségét is. A fitin sók megkötik a bélben szabaddá váló takarmány eredetű és az endogén szekréciók aminosavait. Ezzel magyarázható a fitáz használatának kismértékű teljesítménynövelő hatása.

Az oldható NSP-k a zsírokhoz hasonlóan egyértelműen rontják az aminosavak emészthetőségét is. Az NSP bontó enzimeket szubsztrát specifikusan célszerű használni, csak akkor, ha valóban nagyobb arányban van jelen az emésztési folyamatokat negatívan befolyásoló oldható szénhidrát. Ezt a célt a gabonák esetében könnyebb megvalósítani. A pillangósoknál, azok heterogén NSP tartama miatt nehezebb.

Az enzimek említett emészthetőséget javító hatása nem minden esetben nyilvánul meg a termelési eredményekben. Felhasználásukkor mérlegelni kell a fajlagos mutatókban is megnyilvánuló várható pozitív hatást és az enzim-kiegészítők árát.

Bevezetés

Az elmúlt időszakban hazánkban is általánossá vált a fitáz és a gabona magvak rostját bontó enzimek (xilanáz, glükánáz) használata. Napjainkban a takarmányipar rendelkezésére állnak az egyéb rostbontó enzimek (celluláz, mannáz, pektináz stb.) és az emészthető táplálóanyagok bontását segítő enzim-kiegészítők (amiláz, lipáz, proteázok) is. Az enzimek hatását alapvetően a táp táplálóanyag-tartalma határozza meg, az, hogy a takarmány mennyit tartalmaz abból a szubsztrátból, amelynek a bontására az adott enzim képes.

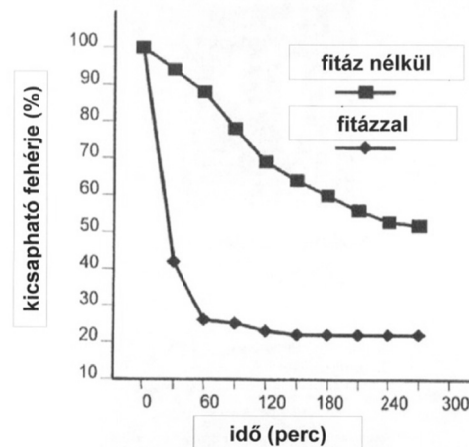
A szakirodalomból tudjuk, hogy a búzatartalmú tápok etetésekor az enzimek hatása nagyobb, mint a kukorica alapú tápok esetében. A pillangós magvak fajoként változó összetételű, jelentős NSP-tartalommal rendelkeznek, amelyek emészthetősége úgyszintén javítható exogén enzimekkel. Amennyiben a tápok a szokásosnál több malomipari mellékterméket, DDGS-t, repcefogácsát, repcedarát, napraforgódarát tartalmaznak, szintén pozitív hatású lehet a specifikus enzim-kiegészítők használata (Choct, 2006).

Nem teljesen egyértelmű ugyanakkor a különböző enzim-kiegészítők közötti kölcsönhatás, amelyet a gyakorlatban sokszor additívan vesznek figyelembe (Ravindran és Bryden, 1999). A takarmánygyártók egy része mátrixértékkel szerepelteti az enzimeket, kvázi táplálóértékkel rendelkező alapanyagként kezeli. Más esetben a receptúra készítés során a szükséges értékeket csökkentik le és a táp tényleges, laboratóriumban mérhető táplálóanyag szintjei mellett egy az enzimhatással módosított, ún. névleges értéket is megadnak. A

harmadik megoldás az enzimhatások alapanyagokénti specifikus figyelembevétele, amelyhez azonban nem minden alapanyag és enzim vonatkozásában állnak rendelkezésre a szükséges információk. Ebben a szakmai anyagban a fitáz és a xilanáz enzimek aminosav emészthetőséget befolyásoló hatását mutatjuk be.

Eredmények és értékelésük

Hazánkban legrégebben és a legszélesebb körben a fitázt használjuk, amely elősegíti a magvakban fitin kötésben lévő ásványi anyagok, a kalcium, a foszfor, a mikroelemek felszívódását (*Kies és mtsai. 2001*). A fitáz ásványi anyagokra vonatkozó hatása közismert, ezzel szemben a fehérje és aminosav emészthetőséggel kapcsolatos összefüggései talán kevésbé. A takarmány fitin kötéseinek bontása javítja a fehérjék emészthetőségét is. Emellett a fitátok az emésztőtraktusban is kötéseket alakíthatnak ki a takarmányfehérjékkel, a fehérje bontó enzimekkel és a szabad aminosavakkal. A fitáz az említett kötések kialakulásának gátlása révén képes javítani az aminosavak felszívódását. Ezt bizonyítja a 1. ábrán látható összefüggés, a fitáz pepszin hatékonyságot javító in vitro hatása (*Jongbloed és mtsai. 1997*).



1. ábra. Fitáz hatása a pepszin fehérjebontó képességére

A fitáz a táp összetételétől függően átlagosan 3%-al javítja az aminosavak felszívódását. Az emészthetőség javulás aminosav függő. Az eleve jól emészthető aminosavak esetében kisebb a pozitív hatás (metionin), míg a kisebb emészthetőségű aminosavaknál nagyobb (*Cowieson és Bedford 2009*). Az esszenciális aminosavak közül a legnagyobb mértékben a treonin és a cisztin emészthetősége javul (1. táblázat).

A főleg gabonák héjrészében található xilánok és glükánok vízben oldódó frakciója nem rostként viselkedik, hanem a béltartalom viszkozitását növelve, negatívan hat a táplálóanyagok emészthetőségére, ragacsossá teszi az ürüléket, rontja az alomminőséget. A xilanáz, glükánáz enzimek használata az Észak Európa-i országokban több évtizede rutinszerűen folyik, napjainkban hazánkban is általánossá vált a használatuk. Hatásuk több irányú, csökkentik bélben az oldható NSP-k mennyiségét, a bél viszkozitását, és ezáltal javítják a táplálóanyagok emészthetőségét. A mucin szekréció és a mucin minőségének befolyásolása által módosítják a bél mikroflórát, csökkentik a patogén mikrobaszámot.

1. táblázat. Fitáz enzim-kiegészítés hatása az aminosavak látszólagos ileális emészthetőségére baromfiban

	Emészthetőség (%)	Javulás (%)		Emészthetőség (%)	Javulás (%)
ARG	87	1,96	VAL	81	3,41
HIS	82	6,36	ALA	81	2,88
ILE	81	3,83	ASP	80	4,02
LEU	83	3,02	CYS	73	4,6
LYS	85	2,54	GLU	87	2,62
MET	90	1,02	GLY	77	4,01
PHE	83	3,07	PRO	83	2,77
THR	76	4,96	SER	79	4,53
TRY	81	2,86	TYR	81	2,17
			Átlag	82	3,37

Szinte valamennyi gabonában az arabinoxilán a domináns rost anyag. Amennyiben az antinutritív hatásért felelős vízben oldódó frakciókat vesszük számba, akkor megállapítható, hogy az oldható arabinoxilánból a rozs és a búza, míg a zölddel jelölt oldható β -glükánból az árpa tartalmaz legtöbbit.

Az NSP bontó enzimek emészthetőséget javító hatása, gabonánként, melléktermékenként eltérő, döntően az oldható xilánok és glükánok mennyiségével arányos. A 2. táblázatban az NSP bontó enzimekkel végzett több kísérlet eredményének átlagai láthatók (Cowieson és Bedford 2009). A NSP bontók átlagosan 5%-al, a fitázhoz képest kissé jobban javítják az aminosav emészthetőséget. Az enzimhatás ezúttal is aminosavanként változik. Az esszenciális aminosavak közül a hisztidin, a treonin és a cisztin emészthetősége javul a legnagyobb mértékben.

A gyakorlatban a receptúrák összeállításakor fontos döntést jelent a különböző enzimhatások figyelembe vétele. A következő táblázatban (3. táblázat) egy olyan kísérlet eredményei láthatók, amelyben külön- külön határozták meg a fitáz, a xilánáz és a kettő együttes hatását a táp aminosavainak emészthetőségére (Cowieson és Bedford 2009). Az eredményekből látható, hogy a két enzim hatása nem vehető figyelembe additív módon. A mért és a számított aminosav emészthetőségek között az izoleucin, a lizin, a fenilalanin és a valin esetében volt legnagyobb a különbség.

2. táblázat. Xilánáz enzim-kiegészítés hatása az aminosavak látszólagos ileális emészthetőségére baromfiban

	Emészthetőség (%)	Javulás (%)		Emészthetőség (%)	Javulás (%)
ARG	87	3,39	ALA	79,8	5,27
HIS	82,3	6,28	ASP	78,7	6,31
ILE	82,1	4,8	CYS	75,4	6,97
LEU	83,5	3,85	GLU	86,9	3,03
LYS	82,1	5,02	GLY	76	7,1
MET	88,2	2,9	PRO	81,1	6,07
PHE	83,6	4,56	SER	81,1	4,74
THR	77,1	6,34	TYR	82,4	4,44
VAL	81,4	4,66	Átlag	81,7	5,04

3. táblázat. Búza alapú táp aminosavainak emészthetőség javulása xilanáz és fitáz együttes alkalmazásakor (%)

	Xilanáz	Fitáz	Xilanáz+Fitáz mért	Xilanáz+Fitáz számított	mért-számított
ARG	1,67	2,67	4,34	4,35	-0,01
HIS	2,82	2,53	4,78	5,35	-0,57
ILE	2,88	3,51	3,96	6,39	-2,42
LEU	2,29	3,21	3,8	5,5	-1,69
LYS	2,93	3,8	4,66	6,73	-2,07
MET	-0,39	1,69	-1,37	1,3	-2,67
PHE	3,23	3,8	4,08	7,02	-2,94
THR	2,01	3,75	4,36	5,77	-1,41
VAL	3,07	4,33	5,23	7,4	-2,16
ALA	3,91	5,72	8,54	9,63	-1,09
ASP	4,95	5,34	4,68	10,29	-5,61
CYS	0,14	0,47	0,47	0,61	-0,14
GLU	2,98	2,86	4,04	5,83	-1,79
GLY	4,54	4,78	7,57	9,31	-1,74
PRO	2,58	2,88	3,34	5,46	-2,12
SER	4,16	5,04	4,99	9,2	-4,21
TYR	2,73	4,03	4,8	6,76	-1,96
TRY	0,53	5,28	4,88	5,8	-0,92

A kísérletek eredményeiből az is egyértelműen bizonyítást nyert, hogy az enzimkiegészítők pozitív hatása azoknál az aminosavaknál a legnagyobb, amelyeknek az emészthetősége az alaptápban kisebb.

Köszönetnyilvánítás

A munka elkészítését az Ausztria-Magyarország Határon Átnyúló Együttműködési Program TF/ATHU/L00112/01 számú CEPO projektje támogatta.

Irodalom

- Choct, M. (2006) Enzymes for the feed industry: past, present and future. *World's Poultry Sci. J.*, 62: 5-12.
- Ravindran, V., Bryden, W.L. (1999) Amino acid availability in poultry: in vitro and in vivo measurements. *Austral. J. Agricult. Res.*, 50: 889-908.
- Kies, A.K., Van Hemert, K.H.F., Sauer, W.C. (2001) Effect of phytase on protein and amino acid digestibility and energy utilisation. *World's Poultry Sci. J.*, 57: 109-126.
- Cowieson, A.J., Bedford, M.R. (2009) The effect of phytase and carbohydrases on ileal amino acid digestibility in monogastric diets: complimentary mode of action. *World's Poultry Sci. J.*, 65: 609-624.
- Jongbloed, A.W., De Jonge, L.H., Kemme, P.A., Mroz, Z., Kies, A.K. (1997) The mineral related effects of phytase in pig diets. *In Proceedings of the 6th Forum on Animal Nutrition*, BASF, Germany, 92-106.

A Q-LÁZ ÁLLATEGÉSZSÉGÜGYI HELYZETE MAGYARORSZÁGON

GYURANECZ MIKLÓS¹, DÉNES BÉLA², SÜLYOK KINGA¹, KREIZINGER ZSUZSA¹,
SIMOR ZOLTÁN³, BAJNÓCZI PÁL³, HORNOK SÁNDOR⁴, SZEREDI LEVENTE²,
BALLA ESZTER⁵, SUGÁR LÁSZLÓ⁶, DÁN ÁDÁM²

¹MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Állatorvos-tudományi Intézet
1143 Budapest, Hungária körút 21.
gyuranecz.miklos@agrar.mta.hu

²NÉBIH Állategészségügyi Diagnosztikai Igazgatóság
1143 Budapest, Tábornok utca 2.

³BMKH Élelmiszerlánc-biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság
7623 Pécs, Megyeri út 24.

⁴SZIE Állatorvos-tudományi kar
1078 Budapest, István utca 2.

⁵Országos Epidemiológiai Központ
1097 Budapest, Gyáli út 2-6.

⁶Kaposvári Egyetem
7400 Kaposvár, Guba Sándor utca 40.

A Q-láz kórokozójának, a *Coxiella burnetii*-nek az előfordulását vizsgáltuk Magyarországon. 2010-2011-ben végzett országos felmérő vizsgálatunk alkalmával szarvasmarhák esetében 38,0% (57/150), juhok között 6,0% (3/50) *C. burnetii* specifikus szeropozitivitást találtunk. Az egyedi tej minták vizsgálata alkalmával a szarvasmarha tejek 8,7%-ban (13/150), míg a juhtejek 4,0%-ban (2/50) tudtuk kimutatni a *C. burnetii* DNS-ét. 2011-2013-ban Magyarország különböző területeiről gyűjtött házi kérődző (szarvasmarha, juh, kecske) vetélés minták 28,9%-ból (33/114) tudtuk a *C. burnetii*-t kimutatni. Az idei Baranya megyei Q-láz járvány során végzett vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a vokányi juh és emberi mintákból kimutatott törzsek genetikailag megegyeztek egymással, s ugyanakkor különböztek az ország más területein juhokból és szarvasmarhákból kimutatott törzsektől és az elmúlt évek hollandiai járványait okozó *C. burnetii* törzstől.

Bevezetés

A Q-láz zoonózis, kórokozója a *Coxiella burnetii*. A házi kérődzők a legfontosabb rezervoárjai a baktériumnak, amelyek gyakran tünetmentesen ürítik a kórokozót. Időnként azonban vetéléssel, koraelléssel, termékeltlenséggel járó kórképeket okozhat a *C. burnetii* a kérődzőkben. Kullancs fajok vektor szerepet tölthetnek be a betegség járványtani ciklusában. A házi kérődző állományok a legfontosabb forrásai az emberi megbetegedéseknek. Vágóhídi munkások megbetegedését és beszáradt kérődző bélsár belélegzése következtében kialakult humán Q-láz eseteket többször leírtak már (*Tilburg és mtsai. 2010*). A *C. burnetii* emberekben magas lázzal járó tüdő és májgyulladást okoz. Idült esetben szívbelhártya gyulladás alakul ki.

Munkánk során a *C. burnetii* Magyarországi jelentőségének vizsgálatát tűztük ki célul.

Anyagok és módszerek

Szarvasmarhák esetében a nyakvénából, míg juhoknál a farokvénából vettük a vért alvadásban nem gátolt módon a szerológiai vizsgálatokhoz. Az összegyűjtött savó mintákat komplement kötési próbával (KK) (Virion/Serion GmbH, Würzburg, Németország) és enzyme-linked immunosorbent assay-vel (ELISA) (IDEXX Laboratories Inc., Bern, Svájc) vizsgáltuk a *C. burnetii* ellen termelt ellenanyagok kimutatása céljából.

Egy az *IS1111*-es génszakaszon alapuló real-time PCR módszert alkalmaztunk a *C. burnetii* DNS-ének kimutatására (Loftis és mtsai. 2006). Ehhez kereskedelmi forgalomban kapható tej, egyedi tej, tanktej, bélsár és méhpogácsa mintákat gyűjtöttünk szarvasmarháktól, juhoktól, őzektől, gímszarvasoktól és dämavadaktól az ország különböző pontjairól. Kullancsokat zászlós módszerrel gyűjtöttük a real-time PCR vizsgálatokhoz. Emberi savó mintákból szintén real-time PCR módszerrel kíséreltük meg a *C. burnetii* DNS-ének kimutatását.

A kérődző vetélésekből gyűjtött méhpogácsa mintákat formalinban is fixáltuk, majd a metszeteket hematoxillin-eosin-nal és immunhisztokémiai módszerrel festettük meg a kórszöveti elváltozások és a baktérium szöveten belüli kimutatása céljából.

A pozitív mintákban kimutatott *C. burnetii* DNS-ek genetikai tipizálását multi-locus sequence typing (MST) és multi-locus variable number tandem repeat analysis (MLVA) módszerrel végeztük el (Glazunova és mtsai. 2005, Klaasen és mtsai. 2009, Tilburg és mtsai. 2012a).

Eredmények és következtetések

2010-2011-ben végzett országos felmérő vizsgálatunk alkalmával szarvasmarhák esetében 19,3% (58/300) és 38,0% (57/150), míg a juhok között 0% (0/100) és 6,0% (3/50) *C. burnetii* specifikus szeropozitivitást találtunk a komplement kötési próba és ELISA vizsgálatok során. Az egyedi tej minták vizsgálata alkalmával a szarvasmarha tejek 8,7%-ban (13/150), míg a juhtejek 4,0%-ban (2/50) tudtuk kimutatni a *C. burnetii* DNS-ét real-time PCR-rel. A szarvasmarha állományok tanktej mintáinak 66,7%-a (10/15) volt fertőzött. A 9 megvizsgált kereskedelmi forgalomban kapható tejtermék közül 8-ból mutattuk ki a *C. burnetii* DNS-ét. Magyarország különböző területeiről gyűjtött 7 kullancs faj 5402 példányának real-time PCR vizsgálata negatív eredménnyel zárult.

2011-2013-ban Magyarország különböző területeiről gyűjtött házi kérődző (szarvasmarha, juh, kecske) vetélés minták 29%-ból (33/112) tudtuk a *C. burnetii*-t real-time PCR-rel kimutatni, melyek közül 6 juh és szarvasmarha mintában igen magas kópiaszámban (Ct 7,6-16,7). Az állatok 19%-ban (21/112) volt megfigyelhető placentitis, míg 3 egyednél (2,7%) tudtuk kimutatni a *C. burnetii*-t immunhisztokémiai módszerrel. A megvizsgált 100 vad kérődző (gímszarvas, dämvad, őz) méh minta közül 2 gímszarvasban tudtuk kimutatni a *C. burnetii* DNS-ét.

A 2013-as évi Baranya megyei Q-láz járvány 68 igazolt emberi megbetegedéssel járt. ELISA vizsgálattal 44,6% (25/56) szeropozitivitást állapítottunk meg a Vokány határában található nagy létszámú juhászatban (480 anyajuh). Az állatok tej mintáiból (4/20) és az ellető istállóban gyűjtött alom- és bélsár mintákból (41/65) is kimutattuk a *C. burnetii* DNS-ét. Az MST vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a vokányi juh és humán eredetű minták egyaránt 18-as szekvencia típust (ST) tartalmaznak, míg az ország más területein gyűjtött juh mintákból ST28-at és ST31-et, míg szarvasmarha mintákból ST20-at mutattunk ki. (A 2007-2010 között zajló hollandiai járványok során elsősorban ST33-as profilú törzseket azonosítottak Tilburg és mtsai. 2012b.) Az MLVA vizsgálatok során a Ms23-as allélon találtunk egy ismétlődő régiónyi különbséget a vokányi juh (4-9-3-3-0-5) és humán (5-9-3-3-0-5) izolátumok között, aminek ezen allél gyors mutációs képessége állhat a háttérben (Tilburg és mtsai. 2012a). Vizsgálataink alapján a baranyai Q-láz járvány fertőzési forrása a Vokány határában található nagyobb létszámú juhászat lehetett, ahonnan a szél hordhatta el a

C. burnetii-vel fertőzött, méhváladékkal szennyezett beszáradt trágya porát a lakott területekre.

Köszönetnyilvánítás

A munkát részben a Lendület program (LP2012-22) támogatta.

Irodalom

- Glazunova, O., Roux, V., Freylikman, O., Sekeyova, Z., Fournous, G., és mtsai. (2005) *Coxiella burnetii* genotyping. ***Emerg Infect Dis.*** 11: 1211-1217.
- Klaassen, C.H., Nabuurs-Franssen, M.H., Tilburg, J.J., Hamans, M.A., Horrevorts, A.M. (2009) Multigenotype Q fever outbreak, the Netherlands. ***Emerg Infect Dis.*** 15: 613-614.
- Loftis, A.D., Reeves, W.K., Szumlas, D.E., Abbassy, M.M., Helmy, I.M., Moriarity, J.R., és mtsai. (2006) Rickettsial agents in Egyptian ticks collected from domestic animals. ***Exp Appl Acarol.*** 40: 67-81.
- Tilburg, J.J., Melchers, W.J., Pettersson, A.M., Rossen, J.W., Hermans, M.H., van Hannen E.J., és mtsai. (2010) Interlaboratory evaluation of different extraction and real-time PCR methods for detection of *Coxiella burnetii* DNA in serum. ***J Clin Microbiol.*** 48: 3923-3927.
- Tilburg, J.J., Rossen, J.W., van Hannen, E.J., Melchers, W.J., Hermans, M.H., és mtsai. (2012) Genotypic diversity of *Coxiella burnetii* in the 2007-2010 Q fever outbreak episodes in The Netherlands. ***J Clin Microbiol.*** 50: 1076-1078.
- Tilburg, J.J., Roest, H.J., Buffet, S., Nabuurs-Franssen, M.H., Horrevorts, A.M., Raoult, D., Klaassen, C.H. (2012) Epidemic genotype of *Coxiella burnetii* among goats, sheep, and humans in the Netherlands. ***Emerg Infect Dis.*** 18: 887-889.

IDŐPARAMÉTERES SPERMATOLÓGIAI VIZSGÁLATOK ÁRAMLÁSI CITOMETRIA ALKALMAZÁSÁVAL

NAGY SZABOLCS TAMÁS

*Pannon Egyetem, Georgikon Kar
Állattudományi és Állattenyésztési Tanszék
8360 Keszthely, Deák F. u. 16.
nagy.szabolcs@georgikon.hu*

A vizsgálat célja az időparaméteres áramlási citometria alkalmazhatóságának megállapítása volt, bikaspermiumok mélyhűtés-felolvasztást követő nekrotikus membránváltozásainak folyamatos értékelése szempontjából. A spermamintákat 30 perces időtartamban folyamatosan értékeltük, testhőmérsékleten inkubálva. A moribund sejtsoport akroszomasérüléseinek időbeli változásait értékelve megállapítható, hogy a nekrotikus membránváltozások során a sejtek előbb elhalnak, majd az akroszóma sérülése csak ezután következik. A bemutatott időparaméteres sejtanálízis hasznos eszköze lehet a spermiumok krioprezerváció következtében bekövetkező dinamikus membránváltozásainak pontosabb, precízebb megismerésében.

Bevezetés

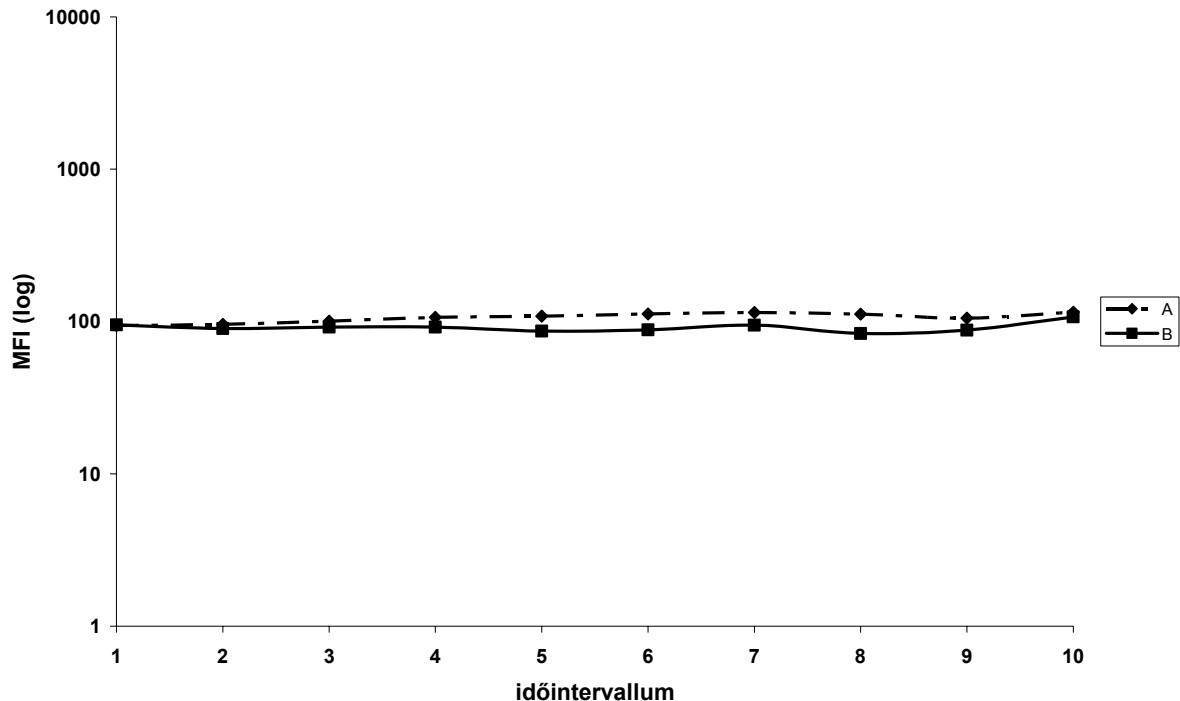
A flow citometria, vagy áramlási sejtanálízis az elmúlt évtizedekben a spermológiai vizsgálatok egyik legígéretesebb eszközévé vált (*Hossain és mtsai. 2011*). Citométer segítségével értékeltük az élő és elhalt spermiumok arányát és az akroszóma integritását (*Nagy és mtsai. 2003, 2004*), a mitokondriumok funkcionális állapotát (*Hallap és mtsai. 2005*), illetve a mélyhűtés-felolvasztás következtében bekövetkező, úgynevezett korai membránváltozásokat (*Hallap és mtsai. 2006*). A többlézeres citométerek a morfológiai paramétereken túl több fluoreszcens festék egyidejű használatát teszik lehetővé. A legtöbb esetben a vizsgálatok során csupán egy adott pillanatban rögzített állapot értékelése történt, a legtöbb kereskedelmi forgalomban elérhető citométer azonban alkalmas időparaméteres analízisre is, amely során a vizsgált paraméterek időbeni változásai detektálhatók, bepillantást engedve így a sejtleletani változások dinamikájába (*Martin és Swartzendruber 1980, Kaposi és mtsai. 2012*). A jelen vizsgálat célja az időparaméteres analízis spermológiai vizsgálatokban való alkalmazhatóságának megismerése volt emlősspermiumok vizsgálatával. A kísérletben bikaspermiumok akroszomasérüléseinek kinetikai értékelése történt mélyhűtés-felolvasztást követően.

Anyagok és módszerek

Két Holstein-fríz tenyészbika spermamintáját értékeltem mélyhűtés-felolvasztást követően *Nagy és mtsai. (2003)* módszerével. Az intakt sejteket SYBR14, az elhalt sejteket propidium-jodid (PI) festékkel különböztettem meg, a sérült akroszómát fikoreitrinnel konjugált földimogyoró-agglutinin (PE-PNA) jelöléssel láttam el. A moribund (egyidejűleg SYBR14- és PI-pozitív, „haldokló”) ondósejtek akroszómaállapotát értékeltem 30 perc időtartamú folyamatos mérésrel. A mintákat a mérés időtartama alatt folyamatosan testhőmérsékleten tartottam, modellezve ezzel az inszeminációt követően a női nemi utakban fennálló hőmérsékleti viszonyokat. Az értékelést egy Becton Dickinson FACSCalibur áramlási citométerrel végeztem. Az adatelemzéshez Flowing ingyenes szoftvert (2.5.0. verzió) alkalmaztam. Az elemzés során a PE-PNA-intenzitás időbeli változásait rögzítettem. A 30 perces mérési időtartományt 10, 180 másodperces szakaszra osztottam, és feljegyeztem az adott időszak fluoreszcencia-intenzitásának középértékét (MFI) *Schepers és mtsai. (2009)* szerint.

Eredmények és következtetések

A vizsgált 30 perces időintervallumban egyik egyed esetében sem észleltem a moribund sejtcsoporton belül az akroszómasérülések arányának növekedését (1. ábra).



1. ábra. A vizsgált egyedek akroszómasérült, moribund spermiumai - MFI-értékek változása az idő függvényében, 180 másodperces időközökben.

A kapott eredmények arra utalnak, hogy a spermiumok mélyhűtést-felolvasztást követő nekrotikus membránváltozásai során a sejtek előbb elhalnak, majd az akroszóma sérülése csak ezután következik. Abban az esetben, ha az akroszómasérülések következnenek be előbb, a moribund sejtcsoport esetében magasabb, illetve időben változó, emelkedő PE-PNA-fluoreszcenciaintenzitást detektáltam volna. Az itt alkalmazott időparaméteres sejtanalízis hasznos eszköze lehet a spermiumok krioprezerváció következtében bekövetkező dinamikus membránváltozásainak pontosabb, precízebb megismerésében.

Irodalom

- Hallap, T., Nagy, Sz., Håård, M., Jaakma, Ü., Johannisson, A., Rodriguez-Martinez, H. (2005) Mitochondrial activity of frozen-thawed bull spermatozoa assessed by MitoTracker Deep Red 633. *Theriogenology*, 63: 2311-2322.
- Hallap, T., Nagy, Sz., Jaakma, Ü., Johannisson, A., Rodriguez-Martinez, H. (2006) Usefulness of a triple fluorochrome combination Merocyanine 540/Yo-Pro 1/Hoechst 33342 in assessing membrane stability of viable frozen-thawed spermatozoa from Estonian Holstein AI bulls. *Theriogenology*, 65:1122-1136.
- Hossain, M, Johannisson, A., Wallgren, M., Nagy, Sz., Siqueira, A.P., Rodriguez-Martinez, H. (2011) Flow cytometry for the assessment of animal sperm integrity and functionality: State of the art. *Asian J. Androl.*, 13:406-419.
- Kaposi, A., Toldi, G., Meszaros, G., Szalay, B., Veress, G. and Vasarhelyi, B. (2012) Experimental Conditions and Mathematical Analysis of Kinetic Measurements Using Flow Cytometry – The

- FacsKin Method. p: 299-324. In I. Schmid (ed) *Flow Cytometry - Recent Perspectives*. InTech. 500 pages.
- Martin, J.C. and Swartzendruber, D.E. (1980) Time: a new parameter for kinetic measurements in flow cytometry. *Science*. 207. 199-201.
- Nagy, Sz., Jansen, J., Topper, E.K., Gadella, B.M. (2003) A Triple-Stain Flow Cytometric Method to Assess Plasma- and Acrosome Membrane Integrity of Cryopreserved Bovine Sperm Immediately after Thawing in Presence of Egg-Yolk Particles. *Biol. Reprod.*, 68:1828-1835.
- Nagy, Sz., Hallap, T., Johannisson, A., Rodriguez-Martinez, H. (2004) Changes in Plasma-Membrane and Acrosome Integrity of Frozen-Thawed Bovine Spermatozoa During a Four-Hour Incubation as Measured by Multicolor Flow Cytometry. *Animal Reprod. Sci.*, 80 (3-4):225-235.
- Schepers, E., Glorieux, G., Dhondt, A., Leybaert, L. and Vanholder, R. (2009) Flow cytometric calcium flux assay: evaluation of cytoplasmic calcium kinetics in whole blood leukocytes. *J. Immunol. Methods*. 348. 74-82.

UJHELYI IMRE ÖRÖKSÉGE A MAGYARÓVÁRI ÁLLATTENYÉSZTÉSI KUTATÁSOKBAN

SZABÓ FERENC

*Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori Iskola
9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
szf@mtk.nyme.hu*

„Haladjunk, hogy boldoguljunk” „Mindig a jobbat”

Ujhelyi Imre

Az állattenyésztési kutatások vázolósa kapcsán illő visszatekinteni a Magyaróvári Gazdasági Akadémia „nagy tanári karából” is kiemelkedő egyénisége, Ujhelyi Imre (1866-1923) életútjára, oktatói, kutatói, szakmai szervezői tevékenységére. Az a kép, amely az óvári felsőoktatás és kutatás akkori nemzetközi hírét tovább öregbítő, a magyar állattenyésztést az élvonalba emelő tevékenységét tükrözi, halálának 90. évfordulójára sem homályosodott el.

Ujhelyi Imre 1866. január 12-én, Dunapatajon született. Az elemi iskola elvégzése után Kalocsán, Szekszárdon és Baján tanult. Majd a felvételi követelményként megszabott gazdasági gyakorlat letöltése után felvételt nyert a Magyaróvári Gazdasági Akadémiára. Az állatbonc- és élettant, az általános állattenyésztést, a lótenyésztést, a szarvasmarhatenyésztést, a tejgazdaságtant és az állatgyógyászatot *Cselkó Istvántól*, az apró háziállatok tenyésztését, a talajtant, a növénytermesztést *Cserháti Sándortól*, a gazdasági üzemtant és számvitelt *Sporzon Páltól*, a növénytant, növénykörtant *Linhart Györgytől*, a vegytant és a gazdasági technológiát *Kosutány Tamástól* a földmértant, a gép- és eszkoztant *Balázs Árpádtól* tanulta. Az akadémiát kiváló eredménnyel végezte el, majd 1886-ban a Károlyiak nagykárolyi birtokára került gazdasági írnoknak. 1887-ben beiratkozott a Budapesti Állatorvosi Tanintézetbe. Tanult például *Tormay Bélától*, *Monostori Károlytól*, *Azary Ákostól*, *Hutyra Ferenctől*. Az említett tanárai a legkiválóbb szakemberek voltak, akiknek a szobra, emléktáblája a VM árkádjai alatt, vagy valamelyik agráfelsőoktatási intézményben látható. Elgondolkodtató, mi lehetett az erő, amely ennyi kiválóságot az ország, a mezőgazdaság érdekében tartósan egy helyen tudott marasztalni? Más volt a tudomány, a tudás megbecsülése abban az időben? Az akkori, Óvárra ma is jellemző szellemiség, amely a képzés, az eredmény, az előrehaladás legfontosabb szereplőjének a tudós tanárt tekinti? Vagy *Ujhelyi* által később vallott, ma is megszívlelendő nézet, miszerint „...erőssé, hatalmassá csak összetartással válik”? Mindenesetre *Ujhelyi* szakmai tevékenységét, eredményeit, sikereit nagymértékben meghatározta, hogy nagyon jó iskolában tanult.

Az állatorvosi diplomát is megszerezve 1889. március 1-én a Somogyszentimrei Földművesiskolához került, majd október 1-én áthelyezték a Magyaróvári Gazdasági Akadémiára, ahol a „nagy tanári kar” tagjává vált.

Óváron az akkori oktatói ranglétrát bejárva, az állatgyógyászat és az állattenyésztés, oktatójaként, professzoraként, az akadémia, és az általa alapított Magyaróvári Tejkisérleti Állomás igazgatójaként, a gümőkór elleni védekezés harcosaként, a Magyaróvári Szarvasmarha-tenyésztő Egyesület szervezőjeként, a Tejellenőrző Szakosztály alapítójaként, a tejszövetkezetek szervezőjeként nemzetközi elismerést szerzett Óvárnak, hazánkknak. Azt a szellemiséget, amit a "nagy tanári kartól" kapott, 30 éves tanári működése alatt generációknak adta át. Számos külföldi útján szerzett tapasztalatait ugyancsak hasznosította mind az oktatásban, mint a kutatásban, fejlesztésben és tenyésztésszervezésben. A tenyésztők igen

széles tábort nevelte, akik tanításainak eredményét, korszerű módszereit a gyakorlatba közvetlen átültetve segítették az állattenyésztés magasra emelését. *Schandl József* akadémikus, volt tanítvány megfogalmazása szerint „...az Óvári Akadémián végzett gazdaiifjak az Ujhelyi-féle irányelvek apostolaként széledtek el a magyar földön.” Tanítványai közül neves állatorvos, állattenyésztő és más tudósok, professzorok kerültek ki. Az „Ujhelyi Iskola” tanítványa volt többek között *Bánvárt Sándor* akadémiai tanár, a Magyaróvári Gazdasági Akadémia igazgatója, *Bittera Miklós* óvári akadémiai tanár, *Csiki László* keszthelyi akadémiai igazgató, tanár, *Keller Oszkár*, keszthelyi akadémiai tanár, *Konkoly Thege Sándor* egyetemi tanár, *Manninger Adolf* a Debreceni Mezőgazdasági Kísérlet Intézet igazgatója, *Náray Andor* debreceni gazdasági akadémiai igazgató, *Schandl József* akadémikus, *Surányi János* akadémikus, *Csukás Zoltán* akadémikus, *Stolp Ödön* debreceni akadémiai igazgató és még sokan mások. A felsorolt, és az itt név szerint nem említett, nemzetközi hírű tudós tanítványok Óváron, és más hazai és külföldi intézményekben folytatták *Ujhelyi* tudományos, kutató, fejlesztő munkáját, amelynek eredményi nemcsak a ránk maradt irodalmi forrásmunkákba épültek be, hanem közvetlen hasznosultak hazánk és a világ állattenyésztésében. Közvetítették *Ujhelyi* szellemét a közelmúlt és napjaink munkájához, irányt mutatva a mai állattenyésztési kutatásokhoz is.

A tejjellenőrzés kialakításával, megszervezésével *Ujhelyi* a több és jobb minőségű tejtermelést igyekezett szolgálni. Ezt folytatta az akadémia, a főiskola majd az egyetem Állattenyésztéstani Tanszékén *Szajkó László*, aki kidolgozta a fejhetőség vizsgálatát, megalkotta a tögynegyedenkénti mérést lehetővé tevő uberográfot. A munkát az ivarspecifikus spermatermelést megalapozó vizsgálataival, a tejminőség molekuláris genetika, szaporodásbiológiai hátterének tanulmányozásával *Iváncsics János*, a tartástechnológiai tényezők hatásának elemzésével *Báder Ernő*, a tögyállapot, tögyalakulás és a minőség kapcsolatának értékelésével *Gulyás László*, az egészségi állapot és a tejminőség összefüggésének elemzésével *Pongrácz László* folytatta, illetve folytatja jelenleg is. A gyepre alapozott állattartás terén húsmarhatenyésztési kutatásokat korábban *Szajkó László*, *Kovács Attila Zoltán* végeztek. Jelenleg *Szabó Ferenc*, *Gulyás László* *Tempfli Károly* folytat gyephasznosítással, a húsmarhatenyésztés és a juhtenyésztés fenntarthatóságával kapcsolatos munkát.

Az állattenyésztés, a tejtermelés versenyképességét megalapozó, számos vizsgálat folyt és folyik a Gazdaságtudományi Intézetben, korábban *Enese László* és munkatársai, később *Salamon Lajos*, jelenleg *Tenk Antal* professzor irányításával.

Ujhelyi tejjellenőrzéssel, tejfeldolgozással, sajt készítésével kapcsolatos munkáját folytatja az óvári kar Élelmiszertudományi Intézete. Jelentős a tejjel és tejtermékekkel kapcsolatos kutató, fejlesztő munka *Krász Ádám*, *Varga László*, *Szigeti Jenő* irányításával.

Nagy szerepet vállalt és vállal a tejjgazdasági kutatásokban az *Ujhelyi* által 110 éve alapított tejkísérleti állomás, a jelenlegi Magyar Tejjgazdasági Kísérleti Intézet. Az elődök *Ujhelyi Imre*, *Gratz Ottó*, *Vas Károly*, *Nyiredi István*, *Csiszár József*, *Tomka Gábor*, *Hunkár Béla*, *Balatoni Mihály*, *Pulay Gábor*, *Ketting Ferenc*, *Szabó Géza*, *Szakály Sándor*, *Schäffer Béla*, és a többiek munkáját folytatják napjainkban, *Babella György*, *Novák Árpád*, *Unger András*, *Schummel Péterné*, *Matócza Zsigmond*, *Császár Gábor*, és *Kocsis Róbert* vezetésével az utánuk következő munkatársak.

Ujhelyi fontos hangsúlyt fektetett az egyéb állatfajok tenyésztésére is. Tenyészbaromfi, kecske akciókat szervezett, szorgalmazta a húsertés tenyésztés bevezetését, közvetítette a yorkshire fajtát. Öröksége folytatásaként jelentősek *Gulyás László* kiskérődzökkal kapcsolatos munkái, és az egyetem Biotechnológiai Állomásán *Gergác Elemér* irányításával zajló, a lacaune juh fajta honosításával, tenyésztésével kapcsolatos szaporodásbiológiai, genetikai kutatások.

Óváron hagyományos állattenyésztési kutatási feladat a génmegőrzés, jelenleg a sárga magyar tyúk fajtafenntartása, amely *Kovácsné Gaál Katalin* professzor vezetésével, *Konrád Szilárd* közreműködésével folyik. Az anyai vonalra alapozott húshibrid szülőpár kakasokkal végzett keresztezések a gyakorlat számára is kedvező eredményeket hoztak. Az öko-tartásra való átállítással kapcsolatos vizsgálatok ugyancsak ígéretesek. Kiemelt feladat a prolaktin (PRL) gén vizsgálata a kotlási hajlam csökkentése érdekében.

Fontos az a kutató, elemző munka, amelyet *Gulyás László* és *Pongrácz László* a lótenyésztés területén folytat.

Bali Papp Ágnes vezetésével, *Tempfli Károly* közreműködésével hazai és nemzetközi együttműködésben folynak a sertés in vitro maturációs, fertilizációs, és embriótenyésztési kutatások, valamint a mangalica sertés géntérképezésével kapcsolatos vizsgálatok.

Fontos feladatot jelentenek a húsminőséggel, szaporítással és ivadéknneveléssel kapcsolatos halászati kutatások, amelyek *Szathmári László* vezetésével elsősorban fehér busával, afrikai harcával, és fogassüllővel folynak.

A Takarmányozástani Tanszéken *Schmidt János* akadémikus vezetésével, több munkatárs részvételével egy évtizede jelentős tevékenység a nagy tejtermelésű tehénállományok energia-, fehérje- és aminosav ellátásának javítása bypass takarmánykészítmények kifejlesztésével. Eljárásuk szabadalmi védelmet kapott. Több évtizedes hagyományi van Mosonmagyaróváron a silózási kutatásnak, amely még a néhai *Baintner Károly* professzor vezetésével indult el. Jelenleg a nehezen silózható takarmányok erjesztésével kapcsolatban folynak vizsgálatok.

Csaknem egy évtizede kiemelt feladat az állati eredetű élelmiszerek zsírsavösszetételének módosítása, funkcionális élelmiszerek kialakítása. Eredményes kísérletek folytak hízósertések, pecsenyecsirkék, pecsenyelibák és vágónyulak húsának, továbbá a tyúktojás zsírsavösszetételének a humán táplálkozás szempontjából kedvező módosítására. Ebben a témakörben is született egy szabadalmi védelmessel rendelkező eljárás, illetve termék (Okostojás). A melléktermékek felhasználása a gazdasági állatok takarmányozásában ugyancsak fontos feladat. Korábban a vinasz takarmányozási hasznosítása, húspép etetési technológia kidolgozása, jelenleg a biodízel előállítás során nagy mennyiségben keletkező mellékterméknek, a glicerinnek a monogasztrikus állatok takarmányozásában történő hasznosítása kérdésében folynak kiterjedt vizsgálatok.

Tóth Tamás irányításával folyik a szárított melasz gazdasági állatok takarmányozásában történő felhasználásával kapcsolatos munka, valamint az újszerű adalékanyagok felhasználása a nagy teljesítményű gazdasági állatok takarmányozásában c. feladat.

A takarmányozási kutatásokban korábban *Sipőcz József*, *Kissné Kelemen Gertrúd*, *Kaszás István Cenkvári Éva*, jelenleg *Zsédely Eszter* és *Németh Valéria* kutatók működnek közre.

Ujhelyi Imre fontos hangsúlyt fektetett az állategészségügyi kutatásokra. 1891-ben állatgyógyászati állomást alapított Óváron, amelynek akkor elsősorban a tuberkulózis és brucellózis elleni védekezés volt a fő feladata. A Bang-Ujhelyi féle eljárás védekezésben időállóan bizonyult. Szellemét követve ló és vadon élő állatok egészségügyével kapcsolatban Óváron ma *Egri Borisz* professzor folytat kutatásokat.

Az oktatás, a kutatás és a gyakorlat összekapcsolása, a kutatva oktatás szorgalmazása *Ujhelyi* szellemiségéből adódott, vezetőként annak megvalósítására törekedett. Ez az elv kezdett érvényesülni az egyetemi kutatások rendszerében 1993-tól, amikor a tudományos minősítési gyakorlat változott, a kutatóképzés, az új rendszerű doktorképzés (PhD) a felsőoktatási intézmények feladatává vált. E képzésnek szerves része az a kutatómunka, amely a publikációk és a doktori fokozat megszerzésének alapjául szolgál.

Óváron az akkori rendszer szerint egy "Doktori A" program (Gazdasági állatok energia- és fehérje ellátásának javítása, vezető *Schmidt János*) és egy "Doktori B" program (Az állati

termék előállítás biológiai, technológiai és ökonómiai kérdései, vezető *Iváncsics János*) alakult. Az A programon belül a következő három kutatási alprogram indult el: 1. alprogram: Gazdasági állatok energia- és fehérje ellátásának javítása (vezető: *Schmidt János*), 2. alprogram: Biológiai anyagok energiatakarékos és minőségmegőrző szárítása, tárolása és feldolgozása (vezető: *Neményi Miklós*), 3. alprogram: Az állati termék-termelés szervezésének, feldolgozásának és értékesítésének üzemgazdasági kérdései (vezető: *Tenk Antal*).

2000-től a doktorképzés változott, új rendszerű doktori iskolák jöttek létre hazánkban. Óváron *Schmidt János* akadémikus vezetésével megalakult az "Az állati termék előállítás biológiai, technológiai, ökológiai, takarmányozási és ökonómiai kérdései" elnevezésű doktori iskola, amely öt doktori kutatási programmal kezdte meg munkáját. 1. doktori program: Az állati termék termelés nemesítési és tartástechnológiai vonatkozásai (vezető: *Iváncsics János*, majd *Kovácsné Gaál Katalin*), 2. doktori program: Gazdasági állatok táplálóanyag ellátásának javítása (vezető: *Schmidt János*), 3. doktori program: Az állati eredetű termékek feldolgozása és minőségbiztosítása (vezető: *Szigeti Jenő*), 4. doktori program: Biológiai anyagok energiatakarékos és minőségmegőrző szárítása, tárolása és feldolgozása (vezető: *Neményi Miklós*), 5. doktori program: Az állati termék előállítás, feldolgozás és forgalmazás ökonómiai kérdései (vezető: *Tenk Antal*).

2007-ben a doktori iskola vezetését *Benedek Pál* professzor vette át. Ekkor az iskola neve is változott. Az új név: *Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori Iskola*. 2013-ban *Benedek Pál* professzor nyugállományba vonult, ettől az iskola vezetését *Szabó Ferenc* professzor látja el. A doktori iskola változatlan névvel, a fenti öt doktori programmal *Ujhelyi* tanítása szellemében igyekszik folytatni a fentiekben vázolt kutatást, a kutató és PhD doktor képzést.

A PhD tudományos fokozatszerzési rendszer kezdetétől napjainkig, az elmúlt 20 év során, a változó nevű állattudományi doktori iskola és a doktori programok keretében, Óváron 83 fő szerzett doktori fokozatot. A doktori iskolának jelenleg összesen 60 fő hallgatói és a fokozatszerzési eljárásban résztvevő, doktorjelölti státuszban lévő PhD hallgatója van, akik az előbbiekben vázlatosan bemutatott kutatási feladatok sikeres teljesítésének és *Ujhelyi* örökségének letéteményesei.

Irodalom

- Iváncsics J.: Az Állattenyésztési Tanszék története. In: Czimber Gy. - Horváth K. (szerk.): A tanszékek és egységek története (1954-1993). Pannon Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Mosonmagyaróvár, 1993. 7-20. p.
- Kecskés S., Mikó Kovács M.: Ujhelyi Imre 1866-1923. Egy neves állattenyésztő élete és munkássága. Mezőgazdasági Kiadó Budapest, 1978.
- Kovácsné Gaál K.: A Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Állattenyésztő mérnöki alapszak önértékelése. MAB részére készített akkreditációs jelentés, Mosonmagyaróvár, 2011.
- Németh A. (szerk.): Biographiae Óvárienses I. Válogatott életrajzok a magyaróvári agrárfelsőoktatás 190 éves történetéből (1818-2008). Óvári Gazdászok Szövetsége, Mosonmagyaróvár, 2009.
- Németh A.: Mezőgazdaság-tudomány - Életrajzok a két akadémia történetének metszésében. Moson Megyei Műhely. 2010. 13. 2. 83-117. p.
- Schandler J.: Ujhelyi Imre 1866-1923. Élet és Tudomány, 1957. jan. 16.
- Törökné Vas M.: Az Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori iskola adatbázisa
- Unger A.: 100 éve alapították a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézetet. Tejgazdaság. LXIII. 2003. 2. 6-17. p.

MULTIREZISZTEN *SE. COLI* TÖRZSEK ANTIBIOTIKUM REZISZTENCIA ÉS VIRULENCIA TULAJDONSÁGAI ÉS POTENCIÁLIS KÖZEGÉSZSÉGÜGYI JELENTŐSÉGE

SZMOLKA AMA

MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Állatorvos-tudományi Intézet
Enterális Bakteriológia és Alimentáris Zoonózis Témacsoport
1143 Budapest, Hungária krt. 21.
szmolka@vmri.hu

A címben jelölt célokat követve, nagy áteresztőképességű PCR-microarray rendszerekben, összesen ~130 rezisztencia és virulencia gén mintázata alapján emberben és élelmiszertermelő állatokban előforduló klinikai és kommenzalista *E. coli* törzsek antibiotikum rezisztencia és virulencia gén rezervoár szerepéről, és ezen belül egyes rezisztencia és virulencia gének együttes előfordulásáról nemzetközi elsőséggel szolgáltatunk összehasonlító genotipizálási adatokat.

Ennek kapcsán egészséges sertések bélesatornájából származó multirezisztens *E. coli* törzsekben a *qnrS1* plazmidon kódolt kinolon rezisztencia gént azonosítottuk, és az elterjedésében szerepet játszó konjugatív IncN típusú plazmidotelsőként jellemeztük.

Bevezetés

Az állatorvosi és humán terápiában a fokozott antibiotikum használatnak köszönhetően, a megváltozott toxikus környezethez a legváltozatosabb rezisztencia mechanizmusok által alkalmazkodni képes multidrog rezisztens (MDR) baktériumok mára már világszerte elterjedtek (Szmolka és Nagy 2013). E tendenciát immár egy évtizede felismerve, az EU 2003-as ún. zoonózis rendelete (EC. 2003) a zoonózis monitoring programba az ismert enteráliskórokozókon (*Salmonella*, Verotoxikus *E. coli* és *Campylobacter*) kívül az indikátor (kommenzalista) *E. coli* baktériumokat is bevonta, utalva arra, hogy ezen baktériumok antibiotikum-rezisztencia génjeik révén élelmiszerbiztonsági kockázatot jelenthetnek.

Az előírt antibiotikum rezisztencia fenotípus mintázatok vizsgálatán túlmenően a törzsek rezisztencia és azzal társult virulencia genotípusára vonatkozó ismeretek jelentős segítséget jelenthetnek a klinikai eredettel izolált illetve a normál bélflórát alkotó kommenzalista *E. coli* törzsek összehasonlítása során, azok rezervoár jellegének illetve zoonotikus jelentőségének valós megítéléséhez. Kevés információval rendelkezünk továbbá ezen esetleges asszociációkat illetően a humán és állati eredetű kommenzalista *E. coli* törzsekre vonatkozóan is (Rosengren és mtsai. 2009), és különösen hiányoznak e téren a molekuláris epidemiológiai megközelítéssel gyűjtött adatok.

A fenti komparatív célú szemlélet jegyében haszonállatokból és humán mintákból izolál klinikai és kommenzalista MDR *E. coli* törzsek antibiotikum rezisztencia és virulencia genotípusát jellemeztük a kapcsolt rezisztencia és virulencia mechanizmusok feltárásának igényével. Mindemellett különös hangsúlyt fektettünk a régebb óta kialakult rezisztenciák genetikai háttere mellett az újabban előtérbe kerülő (emerging) plazmidon kódolt rezisztencia mechanizmusok vizsgálatára is.

Anyagok és módszerek

A fenotípusosan multidrog-rezisztens (MDR) állati eredetű törzsek közül munkánk során összesen 12 baromfi, 19 sertés és 13 szarvasmarha törzs antibiotikum rezisztencia és virulencia genotípusát jellemeztük. A törzsek részben egészséges szervezetből vagy nyers élelmiszerből (kommenzalista törzsek), részben pedig beteg szervezetből vagy elhullott állatoknak a betegség tüneteit mutató szerveiből (klinikai törzsek) származtak és a 2002-2004 közötti időszakban a hazai

antibiotikum rezisztencia monitoring program felméréseiből (*Kaszanyitzky és mtsai. 2002*) kerültek ki. Az állati törzsekkel való összehasonlítás céljából, 12 humán eredetű MDRE. *coli* törzs antibiotikum rezisztencia és virulencia genotípusát is meghatároztuk.

A törzsek rezisztencia és virulencia génmintázatait Array Tube™ típusú (AMR05, illetve Ec03) PCR microarray segítségével határoztuk meg (*Anjum és mtsai. 2007, Batchelor és mtsai. 2008*). A fenti nagy áteresztőképességű rendszerek klinikailag jelentős antibiotikum osztályok [aminoglikozidok, β -laktámok, fenikolok, (fluoro)kinolonok, szulfonamidok, tetraciklinek] és főbb virulencia géncsoportok [három típusú szekréciós rendszer (T3SS) effektorok, fimbriák és adhezinek, bakteriocinek, szerin proteázautotranszporter rendszer (SPATE) géneinek kimutatását teszik lehetővé specifikus próbák segítségével. Az adatok alapján rezisztencia és virulencia gének közötti és azokon belüli specifikus asszociációkra próbáltunk rámutatni.

Az új típusú, újabban előtérbe kerülő rezisztencia mechanizmusok közül a *qnrS1* plazmidon kódolt kinolon rezisztencia gén kimutatása hat sertés eredetű kommenzalista *E. coli* törzsben további részletes molekuláris vizsgálatokat sürgetett, melyek során a törzsek klonális kapcsolatának meghatározását követően azonosítottuk a kinolon rezisztenciát közvetítő plazmidokat majd a génbanki adatokkal összehasonlításban jellemeztük a *qnrS1* gén genetikai környezetét.

Eredmények és következtetések

A gazdafajra, valamint a klinikai háttérre (kommenzalista / klinikai) való tekintet nélkül a vizsgált *E. coli* törzsek többségének rezisztencia mintázata egy közös, tetraciklin (84%), ampicillin (82%) és szulfametoxazol (80%) MDR „tengelyre” épült. Ezzel szemben, a kiemelt fontosságú 3. generációs cefalosporinokkal valamint a (fluoro)kinolonokkal szembeni rezisztenciákat illetően, a humán törzsek viszonylag nagy százalékában (67% és 25%) mutattuk ki a cefotaxim és ceftazidim rezisztencia fenotípusokat, és ehhez hasonlóan a kinolon (nalidixinsav, ciprofloxacín) rezisztencia is gyakoribb volt, mint az állati eredetű törzsekben (az adatok bemutatását mellőzzük).

Az AMR05 és Ec03 típusú PCR microarray rendszerek segítségével a rezisztencia és virulencia gének széles palettájára kerestünk rá, elsőként szolgáltatva microarray alapú, szisztematikus összehasonlító adatokat emberben és élelmiszertermelő állatokban előforduló klinikai és kommenzalista *E. coli* törzsek antibiotikum rezisztencia és virulencia genotípusáról (*Szmolka és mtsai. 2012*). Eredményeink alapján általánosságban elmondható, hogy az *E. coli* törzsek nagyfokú heterogenitást mutató antibiotikum rezisztencia és virulencia génmintázatokkal rendelkeztek. Egyéb közlemények (*Bonnet és mtsai. 2009, Guerra és mtsai. 2002*) adataival összhangban fontosabb antibiotikum osztályokat képviselő, összesen 29 kimutatott rezisztencia gén közül az MDR fenotípus mintázatok háttérében leggyakrabban a *bla_{TEM}* (ampicillin), *tet* (A) (tetraciklin), *strB* (streptomycin) és a szulfametoxazol rezisztenciáért felelős *sulI* géneket találtuk. Az önmagában is multirezisztenciát közvetítő 1-es típusú integronok jelenlétét (*intI1*) a törzsek többségében (68%) kimutattuk.

A fenti génektől eltérően bizonyos aminoglikozid-, és klóramfenikol rezisztencia gének [*ant(2'')*-*Ia*, *aac(6')*-*Ib* és *catB3*] szinte kizárólag a humán *E. coli* törzseket jellemezték. Következésképpen felvetődik ezen rezisztencia determinánsokra vonatkozó humán rezervoár lehetősége, amely minden valószínűség szerint az állati törzsektől függetlenül, a humán törzseket eltérő mértékben és összetételben érintő szelekciós nyomás hatására alakulhatott ki.

A rezisztencia genotípus kiegészítéseként a MDRE. *coli* törzsekben összesen 41 virulencia gént mutattunk ki, melyek többsége azonban ritkán, mindössze néhány törzsben fordult elő. A virulencia gének közül leggyakrabban a szérum rezisztenciában szerepet játszó *iss* gént azonosítottuk, amely gazdafajtól és klinikai háttértől függetlenül a törzsek 70%-át jellemezte. Az *iss* gén eddigi ismereteink szerint főként a patogén törzsekben fordul elő (*Johnson és mtsai. 2008*), ezért gyakorisága a kommenzalista *E. coli* törzseinkben meglepően tűnt.

A virulencia gének előfordulási gyakorisága tekintetében a klinikai és kommenzalista *E. coli* törzsek között statisztikailag igazolható különbséget nem találtunk, ezzel szemben a rezisztencia gének szignifikáns ($p=0.03$) túlsúlyát mutattuk ki a klinikai törzsekben. Néhány rezisztencia és virulencia gén között és azokon belül szoros korrelációt ($r \geq 0.7$) mutattunk ki, amelyek a *dfrA17* (trimetoprim) és az *aadA4* (streptomycin) rezisztencia gének közötti asszociáció kivételével gazdaspecifikus jelleget mutattak (1. táblázat). Az ilyen együttállások MDR hibrid (rezisztencia és virulencia géneket tartalmazó) *E. coli* plazmidok esetleges hordozásának lehetőségére utalnak (Johnson és mtsai. 2010, Nógrády és mtsai. 2006).

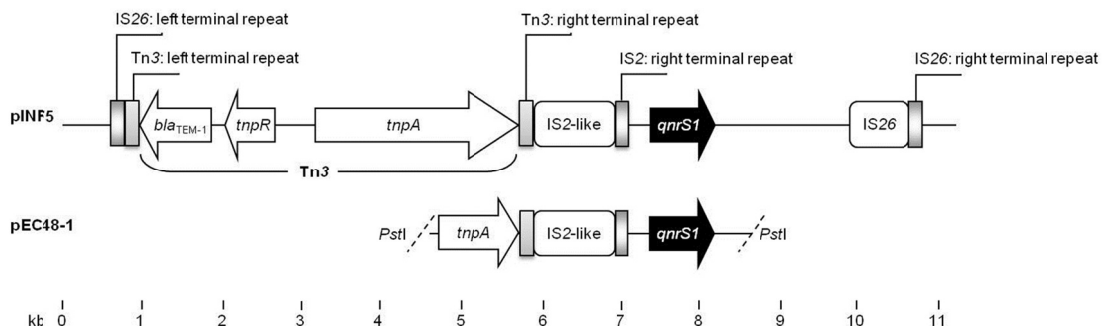
1. táblázat. Antibiotikum rezisztencia és virulencia gének közötti és azokon belüli asszociációk állati és humán mintákból származó multirezisztens *E. coli* törzsekben
A főként/kizárólag humán törzsekben kimutatott géneket * jelöli

	<i>aac(6)-Ib</i> *	<i>aadA4</i>	<i>strA</i>	<i>catB3</i> *	<i>bla</i> _{CTX-M-1} csoport*	<i>iha</i>
<i>strB</i>			0.783			
<i>catB3</i> *	1.000					
<i>bla</i> _{CTX-M-1} csoport*	0.926			0.926		
<i>dfrA17</i>		0.849				
<i>sat</i> *	0.829			0.829	0.768	0.829

A fenti említett rezisztencia gének mellett, a PCR array génpalettája néhány újabban előtérbe kerülő, plazmidok által közvetített rezisztencia mechanizmus vizsgálatát is lehetővé tette. Ennek eredményeként hat sertés eredetű MDRE. *coli* törzsben *qnrS1* plazmidon kódolt kinolon rezisztencia gént azonosítottuk, mellyel tudomásunk szerint elsőként jeleztük nem csak e gén, hanem egyáltalán a plazmidon kódolt kinolon rezisztencia megjelenését, és jellemeztük annak közvetítésében szerepet játszó plazmidokat európai sertés eredetű kommenzalista *E. coli* törzsekben (Szmolka és mtsai. 2011).

Konjugációs vizsgálatokkal kimutattuk, hogy a *qnrS1* gént avizsgált sertés *E. coli* törzsekben azonos RFLP (restriktions) mintázattal rendelkező, ~70 kb méretű IncN típusú plazmidok hordozták melyek *qnrS1* gén mellett egyéb, aminoglikozid (*aadA1*, *strA*, *strB*) ampicillin (*bla*_{TEM-1}) és tetraciklintet (A) rezisztencia gének átvitelét is közvetítették, viszont általunk vizsgált virulencia géneket nem tartalmazták.

E sertés plazmidok egyik képviselőjéből származó *qnrS1* gén közvetlen környezete humán *E. coli* törzsek IncN plazmidjain levő *qnrS1* régióval (Karah és mtsai. 2010), valamint egy csirke *Salmonella* Infantisból izolált pINF5 plazmid (Kehrenberg és mtsai. 2006) megfelelő kinolon rezisztencia régiójával $\geq 99\%$ homológiát mutatott (1. ábra) jelezvén, hogy a sertés és baromfi a *qnrS1* gén rezervoárjai lehetnek és hogy a *qnrS1* gének *E. coli* és *Salmonella* törzsek közötti átvitelével és ennek közegészségügyi vonzataival számolnunk kell.



1. ábra. A sertés eredetű IncN plazmid szekvenált 3.6 kb méretű *qnrS1* régiójának (GenBank: JN157839) fizikai térképe összehasonlításban a csirke eredetű *Salmonella* Infantis törzsből izolált pINF5 plazmid (GenBank: AM234722) megfelelő kinolon rezisztencia régiójával

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti a hivatkozott közleményeim társszerzőit és támogatóit. Munkáink anyagi fedezetét jelentős részben az EU FP6 NoE (EuroPathoGenomics, 512061) valamint az EU FP6 NoE (MedVetNet., WP29, 506122) pályázatok biztosították. A szerző a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János posztdoktori ösztöndíjasa.

Irodalom

- Anjum, M.F., Mafura, M., Slickers, P., Ballmer, K., Kuhnert, P., Woodward, M.J., Ehricht, R. (2007) Pathotyping *Escherichia coli* by using miniaturized DNA microarrays. *Appl. Environ. Microbiol.* 73: 5692-5697.
- Batchelor, M., Hopkins, K.L., Liebana, E., Slickers, P., Ehricht, R., Mafura, M., Aarestrup, F., Mevius, D., Clifton-Hadley, F.A., Woodward, M.J., Davies, R.H., Threlfall, E.J., Anjum, M.F. (2008) Development of a miniaturised microarray-based assay for the rapid identification of antimicrobial resistance genes in Gram-negative bacteria. *Int. J. Antimicrob. Agents.* 31:440-451.
- Bonnet, C., Diarrassouba, F., Brousseau, R., Masson, L., Topp, E., and Diarra, M.S. (2009) Pathotype and antibiotic resistance gene distributions of *Escherichia coli* isolates from broiler chickens raised on antimicrobial-supplemented diets. *Appl. Environ. Microbiol.* 75: 6955-6962.
- EC (European Community) (2003) Council Directive 2003/99/EC of the European Parliament and of the Council of 17 November 2003 on the monitoring of zoonoses and zoonotic agents, amending Council Decision 90/424/EEC and repealing Council Directive 92/117/EEC. *Official J. of the European Union* L 325/31.
- Guerra, B., Junker, E., Schroeter, A., Malorny, B., Lehmann, S., Helmuth, R. (2003) Phenotypic and genotypic characterization of antimicrobial resistance in German *Escherichia coli* isolates from cattle, swine and poultry. *J. Antimicrob. Chemother.* 52: 489-492.
- Johnson, T.J., Wannemuehler, Y.M., Nolan, L.K. (2008) Evolution of the *iss* gene in *Escherichia coli*. *Appl. Environ. Microbiol.* 74: 2360-2369.
- Johnson, T.J., Jordan, D., Kariyawasam, S., Stell, A.L., Bell, N.P., Wannemuehler, Y.M., Alarcón, C.F., Li, G., Tivendale, K.A., Logue, C.M., Nolan, L.K. (2010) Sequence analysis and characterization of a transferable hybrid plasmid encoding multidrug resistance and enabling zoonotic potential for extraintestinal *Escherichia coli*. *Infect. Immun.* 78: 1931-1942.
- Karah, N., Poirel, L., Bengtsson, S., Sundqvist, M., Kahlmeter, G., Nordmann, P., Sundsfjord, A., Samuelsen, Ø., Norwegian Study Group on PMQR. (2010) Plasmid-mediated quinolone resistance determinants *qnr* and *aac(6)-Ib-cr* in *Escherichia coli* and *Klebsiella spp.* from Norway and Sweden. *Diagn. Microbiol. Infect. Dis.* 66: 425-431.
- Kaszanyitzky, E.J., Tarpai, A., Jánosi, S., Papp, M., Skáre, J., Semjén, G. (2002) Development of an antibiotic resistance monitoring system in Hungary. *Acta. Vet. Hung.* 50: 189-197.
- Kehrenberg, C., Friederichs, S., de Jong, A., Michael, G.B., Schwarz, S. (2006) Identification of the plasmid-borne quinolone resistance gene *qnrS* in *Salmonella enterica* serovar Infantis. *J. Antimicrob. Chemother.* 58: 18-22.
- Nógrády, N., Pászti, J., Pikó, H., Nagy, B. (2006) Class 1 integrons and their conjugal transfer with and without virulence-associated genes in extra-intestinal and intestinal *Escherichia coli* of poultry. *Avian Pathol.* 35: 349-356.
- Rosengren, L.B., Waldner, C.L., Reid-Smith, R.J. (2009) Associations between antimicrobial resistance phenotypes, antimicrobial resistance genes, and virulence genes of fecal *Escherichia coli* isolates from healthy grow-finish pigs. *Appl. Environ. Microbiol.* 75: 1373-1380.
- Szmolka, A., Fortini, D., Villa, L., Carattoli, A., Anjum, M.F., Nagy, B. (2011) First report on IncN plasmid-mediated quinolone resistance gene *qnrS1* in porcine *Escherichia coli* in Europe. *Microb Drug Resist.* 17:567-573.
- Szmolka, A., Anjum, M.F., La Ragione, R.M., Kaszanyitzky, E.J., Nagy, B. (2012) Microarray based comparative genotyping of gentamicin resistant *Escherichia coli* strains from food animals and humans. *Vet. Microbiol.* 156:110-118.
- Szmolka, A., Nagy, B. (2013) Multidrug resistant commensal *Escherichia coli* in animals and its impact for public health. *Front. Microbiol.* 4:258.

HUMÁN ÉS ÁLLATI EREDETŰ *BORDETELLA BRONCHISEPTICA* TÖRZSEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA PCR-RFLP-VEL ÉS FILOGENETIKAI ANALÍZISSEL

KHAYER BERNADETT, MAGYAR TIBOR, WEHMANN ENIKŐ

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Állatorvos-tudományi Intézet, Légzőszervi Bakteriológia témacsoport
1143 Budapest, Hungária krt. 21.
wehmann.eniko@agr.ar.mta.hu

Munkánk során az elmúlt 30 évből eltérő földrajzi területekről és különböző gazdafajokból származó *B. bronchiseptica* törzseket vizsgáltunk három genomszakaszon. Célkitűzéseink között a fajon belüli diverzitás feltárása PCR-RFLP-vel és az egyes baktériumtörzsek közötti filogenetikai kapcsolatok vizsgálata szerepelt, különös tekintettel a humán eredetű törzsekre. A vizsgált törzsek a *fimA* (fimbriát kódoló génszakasz) régió egységei voltak PCR-RFLP-vel *HincII* és *SalI* restrikciós endonukleázokat alkalmazva. A filogenetikai analízis során csupán 0,0-2,9 % eltérést tapasztaltunk a törzsek között mind nukleinsav, mind származtatott aminosav szinten; a humán eredetű törzsek két elkülönülő filogenetikai ágon foglaltak helyet. A *flaA* (flagellint kódoló génszakasz) PCR-RFLP elemzése *BglI* and *HincII* restrikciós endonukleázokkal nyolc típusba sorolta a vizsgált törzseket. Nukleinsav szinten 0,0-14,6% különbség volt kimutatható a törzsek között, míg származtatott aminosav szinten ez az érték 0,0-20,4% között alakult. A humán eredetű törzsek három, jól elkülönülő filogenetikai csoportba voltak sorolhatók. A *cyaA* (adenilát-cikláz hemolizin toxint kódoló génszakasz) PCR-RFLP vizsgálata *NarI* and *SalI* restrikciós endonukleázokkal 4 különböző típus jelenlétét igazolta. A törzsek közötti eltérés nukleinsav szinten 0,0-3,9%, míg származtatott aminosav szinten 0,0-5,3% között volt kimutatható. A *cyaA* szekvencia adatokból származtatott filogenetikai fán a humán eredetű törzsek négy elkülönülő ágon szerepeltek.

Bevezetés

A *Bordetella bronchiseptica* világszerte elterjedt, légzőszervi megbetegedéseket okozó Gram-negatív baktérium; sertésekben a torzító orrgyulladás, macskákban a bordetellózis, míg kutyákban a kennel köhögés kóroktanában játszik kiemelt szerepet (Goodnow 1980). Esetenként humán megbetegedésekben is igazolt a jelenléte, elsősorban immunszuppresszált egyéneknél. A humán fertőzések legtöbbször házi kedvencekkel (kutya, macska) vagy egyéb háziállatokkal (nyúl) való érintkezés útján jönnek létre (Guierardés mtsai. 1995; Ner és mtsai. 2003). Evolúciós kutatások szerint a klasszikus *Bordetella* fajok (*B. pertussis*, *B. parapertussis* és *B. bronchiseptica* egy *bronchiseptica*-szerű őstől származtathatók. Míg a *B. pertussis* humán megbetegedésekben (szamárköhögés) fordul elő, illetve a *B. parapertussis* humán- és juh eredetű lehet, addig a *B. bronchiseptica*-t széles gazdaspektrum jellemzi. A gazdafajhoz és a változó környezethez való adaptálódás folyamata a virulencia faktorok által lehetséges. Ezek egyrészt lehetnek a baktérium külső felszínén található képletek (fimbriák, flagellinek), melyek a gazdaszervezet epithel sejtjeihez való kötődésben játszanak szerepet, másrészt pedig különféle toxinok (Mattoo és Cherry 2005). Munkánk során azt kívántuk elemezni, hogy az egyes virulencia faktorok milyen genetikai diverzitással rendelkeznek, illetve, hogy az egyes baktériumtörzsek milyen filogenetikai rokonságban állnak egymással, különös tekintettel a humán eredetű törzsekre. A *Bordetella* genus filogenetikai vizsgálatára számos adatot találhatunk, de arról, hogy egy faj egy gazdán belül hogyan változhat, keveset tudunk.

Anyagok és módszerek

A reprezentatív baktériumtörzseket 5% juhvért tartalmazó véres agarra (Columbia agar, LabM) oltottuk, és 37 °C-on, aerob körülmények között, 24 óráig inkubáltuk. A genomális DNS-t forralásos lízis módszerrel tártuk fel. A törzsek fajszintű, molekuláris azonosítását *Hozbor és mtsai.* (1999) által leírtak szerint végeztük. A három különböző génszakasz felsokszorozására standard módszert alkalmaztunk, a következő primereket felhasználva: *flaA*: F 5'-TGGCTGCAGTCATCAATACC- 3', R 5'-AGCGACAGGACGTTTTGC-3' (*Friedman és mtsai.*2006); *fimA*: F 5'-CTGACCGCCTGTGCATGGA- 3', R 5'-CACCTGGCTGCGGAGATT-3'; *cyaA*: F 5'-GATGAYGTCGTGCTTGCCAATGCTT-3', R 5'-ATGCGGATCTCCAGGTCGTT-3'. A további molekuláris genetikai elemzéseket *Sambrook és mtsai.* (2001) által leírtak szerint hajtottuk végre.

A vizsgálandó génszakaszok szekvenciájának megállapítása kapilláris szekvenálással (Macrogen) történt. Az így kapott adatokat a BioEdit Sequence Alignment Editor szoftver segítségével elemeztük. A génbanki referenciaszekvenciákhoz történő illesztést a ClustalW 1.8. programmal végeztük, míg a távolság-mátrix alapú filogenetikai számításokat bootstrap teszttel (500 ismétlés) kiegészítve, a MEGA 5 szoftverrel hajtottuk végre (*Tamura és mtsai.* 2011).

Eredmények és következtetések

Törzsgyűjteményünk az elmúlt 30 évből, különböző gazdafajokból és területekről mintegy 500 izolátumot tartalmaz. Ez remek alapot teremt annak megismerésére, hogy vajon a különféle virulencia faktoroknak létezik-e a gazdafajhoz való adaptálódása. Ennek vizsgálatára a PCR-RFLP hatékony, reprodukálható és kis költségigényű módszernek bizonyult. *Friedman és mtsai.* (2006) 30, többségében macskaeredetű *B. bronchiseptica* törzs *flaA* (flagellint kódoló) génjét vizsgálták ezzel a módszerrel és az izolátumokat 3 csoportba sorolták. Vizsgálataink során hasonló technikát alkalmazva e régióban további típusokat írtunk le, összesen 8 PCR-RFLP típus jelenlétét igazoltuk.

A *fimA* (fimbriát kódoló) és *cyaA* (adenilát-cikláz hemolizin toxint kódoló) gének esetében korábban leírt PCR-RFLP vizsgálatról nem volt tudomásunk. Eredményeink szerint a vizsgált törzsek a *fimA* (fimbriát kódoló génszakasz) régió egységesek voltak PCR-RFLP-vel *HincII* és *SalI* restriktációs endonukleázokat alkalmazva. Ezzel szemben a *cyaA* (génszakasz) PCR-RFLP vizsgálata *NarI* and *SalI* restriktációs endonukleázokkal 4 különböző típus jelenlétét igazolta.

1. táblázat. *B. bronchiseptica* törzsek PCR-RFLP és szekvencia elemzésének eredménye

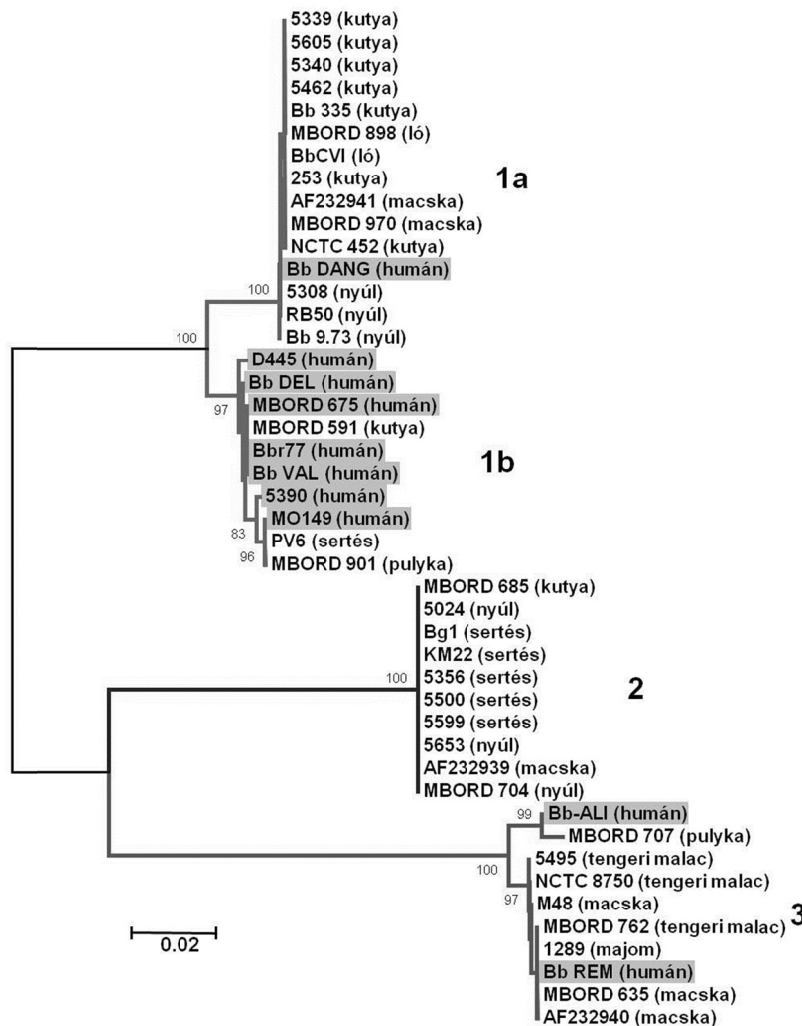
Gén	vizsgált törzsek száma*	vizsgált régió (bp)	PCR-RFLP-típusok száma	nukleinsav eltérés (%)	aminosav eltérés (%)
<i>fimA</i>	27 (7)	456	1	0,0-2,9	0,0-2,9
<i>flaA</i>	45 (10)	1042	8	0,0-14,6	0,0-20,4
<i>cyaA</i>	40 (14)	2006	4	0,0-3,9	0,0-5,3

*: zárójelben a humán eredetű törzsek számát adtuk meg

A továbbiakban megállapítottuk az előzőleg felállított PCR-RFLP típusokat reprezentáló törzsek nukleotida sorrendjét a három génszakaszon, majd filogenetikai elemzéseket végeztünk. Az elemzések során arról szerettünk volna adatokat kapni, hogy az egyes virulencia faktorok miképpen tükrözik a gazdához való adaptálódást nukleinsav, illetve aminosav szinten, valamint hogy hogyan alakulnak az egyes törzsek leszármazási viszonyai. A *fimA* (456 bp) génszakasz elemzése során a szekvenciák között 0,0-2,9%, genetikai

távolságot tapasztaltunk mind nukleinsav, mind aminosav szinten a génbanki referencia szekvenciákat is figyelembe véve, és filogenetikailag két csoportot alkottak. Humán eredetű törzsek mindkét ágon előfordultak. (1. táblázat)

A *flaA* gént (1042 bp) 45 törzs esetében vizsgáltuk. Míg a génszakasz két vége konzervatívnak mutatkozott, addig a középső rész hipervariábilis volt. Ezen a génszakaszon 0,0-14,6%, illetve 0,0-20,4% genetikai távolságot találtunk nuklein- illetve aminosav szinten a génbanki referencia szekvenciákat is figyelembe véve. A bekövetkezett nukleotida cserék többsége egyben aminosav cserét is jelentettek. A filogenetikai vizsgálatok során négy csoportot mutattunk ki, melyeknél fellelhetőek voltak a gazdához való adaptáció jegyei. Az első csoportba, ami két alcsoportra volt tagolható, főleg nyúl, kutya és ló eredetű törzsek kerültek, a második csoportba a humán izolátumok és két, a PCR-RFLP vizsgálat során egyedi hasítási mintázattal rendelkező törzs kapott helyet. A sertésből izolált törzsek 85%-a a harmadik csoportba került, míg a negyedik csoportba humán, macska és tengerimalac eredetű törzseket találtunk. A humán törzsek három, jól elkülönülő ágon helyezkedtek el. A vizsgálatainkban kapott eredményeink összhangban vannak Friedman és mtsai. által leírtakkal (2006), akik az egyes csoportok között 11-13% szekvenciabeli különbség mutattak ki (1. táblázat, 1. ábra).



1. ábra A fitogenetikai vizsgálatok eredménye

Az eltérő gazdafajokból származó törzsek *cyaA* (2006 bp) génjei között 0,0-3,9%, illetve 0,0-5,3% genetikai távolságot találtunk nukleín- illetve aminosav szinten a génbanki referencia szekvenciákat is figyelembe véve (1. táblázat). A filogenetikai analízis során négy csoportot különítettünk el a filogenetikai fán, melyek közül a 2-es és 4-es csoport további alcsoportokra volt tagolható. A humán eredetű törzsek 4 elkülönülő ágon helyezkedtek el. Az azonos gazdafajból származó törzsek szétszórtan helyezkedtek el a törzsfán, gazdaadaptációra utaló jeleket nem tártunk fel.

Gazdaadaptációra utaló jeleket csak a *flaA* szekvenciák esetében tudtunk kimutatni, viszont valamennyi vizsgált virulencia faktor génje megtalálható a humán izolátumokban, és nagy változatosságot tapasztaltunk közöttük. A vizsgálataink során feltárt humán eredetű törzsek közötti divergencia, valamint az állati eredetű baktériumtörzsek között tapasztalt nagyfokú változatosság felhívja a figyelmet a *B. bronchiseptica* zoonózisokban betöltött szerepére.

Köszönetnyilvánítás

A munkát a K83332 OTKA-pályázat támogatta.

Irodalom

- Friedman, L.E., Messina, M.T., Santoferrara, L., Santillán, M.A., Mangano, A., Franco, M.A. (2006) Characterization of *Bordetella bronchiseptica* strains using phenotypic and genotypic markers. *Vet. Microbiol.* 117(2-4): 313-320.
- Goodnow, R.A. (1980) Biology of *Bordetella bronchiseptica*. *Microbiol. Rev.* 44: 722-38.
- Gueirard, P., Weber, C., Le Coustumier, A., Guiso, N. (1995) Human *Bordetella bronchiseptica* infection related to contact with infected animals: persistence of bacteria in host. *J. Clin. Microbiol.* 33: 2002–2006.
- Hozbor, D., Fouque, F., Guiso, N. (1999) Detection of *Bordetella bronchiseptica* by the polymerase chain reaction. *Res. Microbiol.* 150: 333-341.
- Mattoo, S., Cherry, J.D. (2005) Molecular pathogenesis, epidemiology, and clinical manifestations of respiratory infections due to *B pertussis* and other *Bordetella* subspecies. *Clin. Microbiol. Rev.* 18: 326-382.
- Ner, Z., Ross, L.A., Horn, M.V., Keens, T.G., MacLaughlin, E.F., Starnes, V.A., Woo, M.S. (2003) *Bordetella bronchiseptica* infection in pediatric lung transplant recipients. *Pediatr. Transplant.* 7: 413–417.
- Sambrook J., Russell D.W. (eds): Molecular cloning - a laboratory manual, 3rd ed., Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, 2001
- Tamura K., Peterson D., Peterson N., Stecher G., Nei M., Kumar S. (2011) MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol. Biol. Evol.* 28: 2731-2739.

HASZNOS MIKROORGANIZMUSOK AZ ÉLELMISZEREKBEN

VARGA LÁSZLÓ

*Nyugat-Magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Élelmiszertudományi Intézet
9200 Mosonmagyaróvár, Lucsony u. 15-17.
VargaL@mtk.nyme.hu*

A fermentáció az egyik legősibb élelmiszer-feldolgozási eljárás (*Tamime és Robinson 2007*), hiszen alkalmazásának kezdete legalább nyolc évezreddel ezelőttre nyúlik vissza, az erjedések háttérében álló folyamatokat azonban csak a 19. század második felében kezdte megismerni és feltárni az emberiség. A mikrobiológiai ismeretek gyarapodásával, az 1800-as évek végére megteremtődtek a mikroorganizmusok izolálásának és a tisztanyészetek létrehozásának feltételei. Az első starterkultúrák az 1880-as években jelentek meg a vajgyártásban, kereskedelmi célú előállításuk és elterjedésük viszont csak kevesebb, mint egy évszázada kezdődött el. A szintenyészetek alkalmazása gyökeresen megváltoztatta a fermentált élelmiszerek előállítási technológiáit, mert az erjedés folyamata kontrollálhatóvá vált, és ennek eredményeképpen a késztermékek minősége egyöntetűbb lett.

A starterkultúrák használatának számos kedvező hatása van, pl. bővül a termékválaszték; javul a tápérték és a termékminőség; kedvezőbb állománytulajdonságú, érzékszervileg jobb termékek állíthatók elő; javul a mikrobiológiai élelmiszer-biztonság; lebomlanak a toxikus, ill. antinutritív anyagok; javul a tápanyagok emészthetősége; meghosszabbodik az eltarthatóság; funkcionális élelmiszerek előállítására nyílik lehetőség (*Deák 2006*).

A fermentált élelmiszerek lehetnek tejsavasan vagy alkoholosan erjesztett, ill. vegyes fermentációval készülő termékek. A szintenyészetek használata leginkább a tej- és hústermékek, valamint az alkoholos italok és a sütőipari termékek esetében jellemző (*Deák 2006*). A starterkultúrákat kezdetben napi átoltással tartották fenn, később elérhetővé váltak mélyfagyasztott, szárított, majd liofilezett formában is, az utóbbi két-három évtizedben pedig a termék alapanyag közvetlen beoltására alkalmas DVS/DVI kultúrák terjedtek el (*Szakály 2001*).

A tejipari starterkultúrák “teljesítménymutatói” közül az alábbiak a legfontosabbak: a gyártási folyamatokhoz való alkalmazkodás képessége; fágrezisztencia; gyors savtermelés a kádban, ill. a tankban; jellegzetes íz (aroma) és állomány kialakítása; minimális mértékű utósavanyodás okozása a termék forgalmazása és tárolása során; a starterkomponensek megfelelő arányának fenntartása; életképesség megőrzése az eltarthatósági idő végéig; táplálkozás-élettani szempontból kedvező változások előidézése.

Az utóbbi években egyre elterjedtebbé vált az ún. vad törzsek (nem starter eredetű tejsavbaktériumok) hagyományos fermentált élelmiszerekből való izolálása és startertenyészetként történő felhasználása, mert ezek nagymértékben ellenállóak a kedvezőtlen környezeti tényezőkkel szemben, jól bírják a versengést, gyakorta antimikrobás anyagokat termelnek, széles körű bioszintetikus aktivitás jellemzi őket és aromaanyag-termelésük révén a termék skála diverzifikálását teszik lehetővé.

A starterkultúrák – és általában a mikroorganizmus szintenyészetek – élelmiszercélú felhasználásának törvényi szabályozása az Amerikai Egyesült Államokban immár több mint fél évszázados múltra tekint vissza, az Európai Unióban viszont közösségi szinten még csak most van kialakulóban. Dicséretes kezdeményezés ezen a területen az International Dairy Federation és a European Food and Feed Cultures Association közös munkacsoportja által 2002-ben létrehozott lista, amely az élelmiszerekben hosszabb idő óta alkalmazott,

bizonyítottan (dokumentáltan) hasznos tulajdonságokkal rendelkező mikroorganizmusokat (starterkultúrákat és “természetes mikroflóra”-komponenseket) tartalmazza. A lista aktualizált változata nemrég látott napvilágot, és 195 db baktériumfaj (28 nemzetség) valamint összesen 69 db élesztőgomba-, ill. penészgomba-faj (33 nemzetség) nevét tartalmazza (*Bourdichon és mtsai. 2012, IDF 2012*).

Köszönetnyilvánítás

A munkát a TÁMOP 4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0014 projekt támogatta.

Irodalom

- Bourdichon, F., Casaregola, S., Farrokh, C., Frisvald, J.C., Gerds, M.L., Hammes, W.P., Harnett, J., Huys, G., Laulund, S., Ouwehand, A., Powell, I.B., Prajapati, J.B., Seto, Y., Ter Schure, E., Van Boven, A., Vankerckhoven, V., Zgoda, A., Tuijelaars, S., Hansen, E.B. (2012) Food fermentations: microorganisms with technological beneficial use. *Int. J. Food Microbiol.* 154: 87-97.
- Deák, T. (2006) Élelmiszer-ipari erjesztések, fermentált élelmiszerek. In: *Élelmiszer-mikrobiológia*, Deák, T. (szerk.), pp. 179-224. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- International Dairy Federation (IDF). (2012) Safety Demonstration of Microbial Food Cultures (MFC) in Fermented Food Products – *Bulletin of IDF* 455/2012. IDF, Brussels, Belgium.
- Szakály, S. (2001) Kultúrákésztés. In: *Tejgazdaságtan*, Szakály, S. (szerk.), pp. 182-185. Dinasztia Kiadó, Budapest.
- Tamime, A.Y., Robinson, R.K. (2007) Historical background. In: *Tamime and Robinson's Yoghurt – Science and Technology*, Tamime, A.Y., Robinson, R.K. (eds.), pp. 1-12. Woodhead Publishing Limited, Cambridge & CRC Press LLC, Boca Raton.

Növénynevelési és növénytermesztési kutatások

MARTONVÁSÁR AGROTECHNIKAI KUTATÁSAINAK EREDMÉNYEI A MAGYAR NÖVÉNYTERMESZTÉSBN

ÁRENDÁS TAMÁS, BERZSENYI ZOLTÁN, BÓNIS PÉTER, MICSKEI GYÖRGYI,
FODOR NÁNDOR

*MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Növénytermesztési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
arendas.tamas@agrar.mta.hu*

Martonvásáron az intézet létrejötte óta nagy hangsúlyt helyeznek a szabadföldi növénytermesztési kísérletek nemzetközileg elfogadott módszer szerinti beállítására, az azokból származó eredmények kiértékelésére, az azokból levonható következtetések megismertetésére, elterjesztésére a búza- és kukoricatermesztés gyakorlatában. A hat évtizedes kutatások kezdeti időszakában a figyelem a szántóföldi növénytermesztés intenzitásának növelésével, az élömunka csökkentésével összefüggő tényezők megismerésére irányult. Napjainkban a tartamkísérletek hosszú idősoros eredményei, a fenológiai megfigyelések és ökológiai, ökofiziológiai mérések – a modell-szemléletet az intenzív műszaki fejlődés adta lehetőségekkel összekapcsolva – a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatot támogatják.

Bevezetés

A magyar növénytermesztést szolgáló alkalmazott kutatások, amelyek elválaszthatatlanok a szabadföldi kisparcellás kísérletektől, Martonvásáron Surányi János munkásságával kezdődtek. A kutatások a kezdeti időszakban a kettőstermesztésre, a talajerő-gazdálkodásra, kukorica- cirok- és búzatermesztésre irányultak.

A növénytermesztési és -nemesítési kutatásokat kezdettől fogva szoros együttműködés jellemzi. A polifaktoriális kísérletek eredményei már az '50-es években rámutattak arra, hogy a termés, illetve a termésnövekedés több tényező együttes hatásának eredménye, melyek közül a fajta az egyik meghatározó faktor. Világossá vált, hogy a kukoricahibridek és búzafajták elterjedését, a bennük rejlő termés potenciál kialakítását csak a modern agrotechnikát megalapozó kutatások teszik lehetővé.

Napjainkban a termelés gyors és részletes válaszokat vár a felmerült kérdésekre a kutatástól. Ennek egyik jeleként megnőtt a növény és környezete vizsgálatának, a folyamatos méréseknek a jelentősége. Az új és komplex agronómiai információk megszerzése – kiváltképp az egyre nagyobb jelentőséggel bíró 'precíziós növénytermesztés' révén – a termelés hatékonyságának növeléséhez és a környezetvédelemhez is hozzájárul.

Anyagok és módszerek

A MTA ATK Mezőgazdasági Intézetben a kukorica- és búzakupatások integrált részét képezik tartamkísérletek és technológiai adaptációs kísérletek, amelyek tesztelő helyet biztosítanak a kukorica hibridek és búzafajták agronómiai reakcióinak vizsgálatához. E kísérletekből igen értékes tudományos eredmények származnak egyebek mellett a monokultúrás termésdepresszió okairól, illetve a vetésforgók termésnövelő hatásáról, a szerves- és műtrágyázás hatásának összehasonlításáról, a genotípusok agronómiai reakcióiról, a termesztési eljárások fenntarthatóságáról és termésstabilitásáról, továbbá a különböző növénytermesztési tényezők kölcsönhatásairól. Ezeknek a kísérleteknek az eredményei napjainkban is a kukorica- és búzatermesztés fejlesztését szolgálják, beépülnek a szaktanácsadási rendszerekbe.

Az 1950-es évek végén és az 1960-as évek elején Gyórfy Béla állította be azokat a tartamkísérleteket, amelyek az országban a legrégebbiek közé tartoznak, és teljes mértékben megfelelnek a mai kor módszertani követelményeinek. A folyamatosan fenntartott és nemzetközileg is nyilvántartott martonvásári tartamkísérletek parcellaszáma több mint 700, területük mintegy 15 ha. A legfontosabb tartamkísérletek: a vetésforgó vs. monokultúra, a trágyázási rendszerek összehasonlító vizsgálata, a szerves- és műtrágyák kölcsönhatásának és utóhatásának vizsgálata, műtrágyázási dóziskísérletek, valamint a polifaktoriális kísérletek. A tartamkísérletek legfontosabb jellemzője, hogy ugyanazokat a kezeléseket ugyanazokon a parcellákon állítják be minden évben, a kezeléseket időbeni, ún. tartamhatásának vizsgálata céljából. E kísérletek alapján lehet megalapozottan értékelni a földművelési és növénytermesztési rendszerek hatékonyságát. A tartamkísérletek élő szabadföldi kísérleti laboratóriumok és a nemzeti vagyon részének tekintendők, hiszen a talaj termékenységének változását, az ezt befolyásoló tényezők szerepét csak több évtizeden át végzett mérésekkel lehet tanulmányozni, ezért nélkülözhetetlenek a termesztési eljárások és technológiák tartamhatásának tanulmányozására. A két- és többtényezős technológiai kísérletek a kukoricahibridek és búzafajták agronómiai reakciói (műtrágya-, növényszám-, vetésidő-reakció, herbicid-tolerancia stb.), valamint a genotípus, a termesztéstechnológia és a környezeti tényezők közötti kölcsönhatások jellemzésére adnak lehetőséget.

Eredmények

Kukorica kísérletek eredményei

Vetésforgó kísérletek

A kukorica termése monokultúrában – a kukoricabogár elterjedését, károsítást megelőző időszakot kivédésével is – minden esetben kevesebb volt, mint vetésforgóban, és a vetésforgó termésmenvelő hatása fordított arányban volt a kukorica részarányával a vetésforgóban. A trágyakezelések átlagában legnagyobb volt a termésmenvelő hatás a norfolki típusú (borsó-őszi búza-kukorica-tavaszi árpa) forgóban (NF: 0,904 t/ha). Csökkenő sorrendben ezt követte a kukorica-búza-lucerna trikultúra (KBL: 0,853 t/ha), a kukorica-búza dikultúra (KB: 0,490 t/ha), és a kukorica-lucerna (KL: 0,376 t/ha) forgó. A vetésforgó termésmenvelő hatása műtrágyázás nélkül igazolhatóan nagyobb volt, mint a trágyázott parcellákon (KB: 0,715; KL: 1,254; KBL: 1,401; NF: 1,357 t/ha). Kukorica vetésforgókban a trágyázás közel 50%-kal csökkentette a rotációs hatást (*Berzsenyi és mtsai. 2000*).

Műtrágyázási kísérletek

Makroelem kombinációk hatását vizsgáló trágyázási tartamkísérlet 44 évének átlaga szerint (*Árendás és mtsai. 2010*) Martonvásáron a legnagyobb, igazolható termésmenvekedést a N-trágyázás eredményezte (búza elővetemény: N vs. 0 – 0,87; NP vs. P – 0,75; NPK vs. PK – 1,09 t/ha; kukorica elővetemény: N vs. 0 – 1,64; NP vs. P – 1,60; NPK vs. PK – 1,91 t/ha). Száraz években a nitrogénnek csak PK-trágyákkal együtt volt igazolható pozitív hatása a búza után vetett kukorica termésére. Átlagos, vagy csapadékos években a kukorica termése a foszforral gyengén, valamint jól ellátott parcellákon nem különbözött igazolhatóan, de aszályban a javuló P-ellátottság bizonyíthatóan csökkentette a termésdepressziót.

A N-műtrágyák tartamhatása monokultúrában szignifikánsan befolyásolta a betakarított szem mennyiségét. Az 1970-2002. évek átlagában a kukorica szemtermése N-kezelésenként a következő volt (t/ha): N0 – 3,69; N80 – 6,97; N160 – 8,33; N240 – 8,34. A kukorica szemtermése és termésstabilitása a 160 kg/ha N-dózisnál volt a legnagyobb. Az évjáratokat tekintve csapadékos években – a száraz évekhez viszonyítva – a termésmenvekedés N-kezelésenként a következő volt (t/ha): N0 – 1,29; N80 – 1,96; N160 – 1,87; N240 – 1,65. A szemszám és a szemtermés között szoros volt a korreláció alacsony N-ellátottságnál (stressz-környezet) és laza volt kedvező N-ellátottságnál. Fordított volt a tendencia a szemtermés és az ezerszemtömeg között (*Berzsenyi 2009*).

Vetésforgóban magasabb volt a termésszint és kisebb N-műtrágya dózissal érjük el a maximális termést. 1995-2006 között monokultúrában és vetésforgóban beállított azonos 6-8 hibrid terméseredményeit összehasonlítva, N-kezelésenként az alábbi eredményeket kaptuk (t/ha): monokultúrában: N0 – 3,876; N80 – 7,128; N160 – 8,463; N240 – 8,556; vetésforgóban: N0 – 8,288; N80 – 9,556; N160 – 9,561; N240 – 9,422. Vetésforgóban a legnagyobb termést évjárattól függően 80 és 120 kg/ha N-dózisnál kaptuk.

Növényszám kísérletek

Több mint négy évtizede vizsgáljuk folyamatosan, mindig a legújabb martonvásári nemesítésű hibridekkel az állománysűrítés hatásait. Eredményeink azt igazolják, hogy a túlsűrítés okozta relatív víz- és tápanyag-hiány kedvezőtlen hatású a termésmennyiségre és termésstabilitásra. A termésveszteség a növényenkénti variabilitás növekedésének és a nagyobb arányú meddőségnek tulajdonítható.

A stabilitásanalízis regressziós módszerével elemezve a kukoricahibridek termésreakcióját, 22 év eredményei szerint 60.000 tő/ha növényzámnál volt a termés legstabilabb. 4,6 t/ha környezeti átlag alatt a 40.000 tő/ha növényszám stabilitása volt nagyobb, míg a 80.000 tő/ha növényszám nagyobb stabilitása 7,9 t/ha környezeti átlag felett várható. Ahhoz, hogy a 100.000 tő/ha növényszám stabilitása felülmúlja a 80.000 tő/ha stabilitását, 13,6 t/ha-t meghaladó környezeti átlag szükséges.

Az 1981 és 2010 közötti időszakra vonatkozó elemzések szerint az évjáratnak jelentős hatása van mind a szemtermésre, mind pedig az optimális növényzámnra. Száraz években az optimális növényszám 64.630 tő/ha, a hozzá tartozó maximális termés 6,639 t/ha, míg csapadékos években 80.790 tő/ha és 9,864 t/ha volt (*Berzsenyi és Tokatlidis 2012*). Eredményeink szerint a növényzámn tartományok stabilitása a hibridek tenyészidejétől függően is változott (*Berzsenyi és mtsai. 2011*). A stabil növényzámn tartomány a FAO 200-299-es csoportban volt a legszélesebb (50-90 ezer növény/ha). A tenyészidő hosszabbodásával (FAO 400-499 és FAO 500-599) a stabil növényzámn tartomány szűkült és a ritkább állományok irányába tolódott el (50-70 ezer növény/ha).

Őszi búza kísérletek eredményei

Vetésforgó kísérletek

A monokultúrában termesztett búza termése minden esetben kisebb volt, mint vetésforgóban, és a termésveszteség monokultúrában nagyobb volt, mint kukoricában. A vetésforgó termésmenővelő hatása és a búza részaránya a vetésforgóban szintén fordított arányosságot mutatott. A trágyázott parcellák átlagában a norfolki típusú forgó termésmenővelő hatása volt a legnagyobb (NF: 1,664 t/ha). A kukorica-búza-lucerna trikultúrában (KBL) 1,223 t/ha, a búza-kukorica dikultúrában (BK) 0,732 t/ha, míg a búza-lucerna váltásban (BL) 0,471 t/ha volt a forgó biztosította előny. A trágyázatlan parcellákon a vetésforgó termésmenővelő hatása ugyanezen növényi sorrendeket tekintve 1,666; 0,923; 0,375; illetve 0,446 t/ha volt, vagyis a búza vetésforgók termésmenővelő hatása a trágyázástól függetlenül érvényesült (*Berzsenyi és mtsai. 2000*).

Műtrágyázási kísérletek

NPK-műtrágyázási tartamkísérletben az átlagos csapadékmennyiségű években az őszi búza 160 kg/ha N-hatóanyag hatására mért termésmenőbblate – PK-val közepesen ellátott parcellákon (NP és NPK) – búza után 1,68, kukorica előveteménnyel 2,76 t/ha volt. Nem volt kimutatható pozitív hatása a N-hatóanyagának átlagos és száraz években igen gyenge P-ellátottságú talajokon, önmaga után vetett búzában. A kizárólagos N-trágyázás búza-búza

váltásban csak csapadékos években volt bizonyíthatóan pozitív hatású (Árendás és mtsai. 2008).

Foszfor-hatásokat N-trágyázás nélkül nem lehetett kimutatni egyik vizsgált évjáratípusban sem. A N-nel együtt adott P termésmenvelő hatása átlagos években kukorica után 1,16, búza után 2,20 t/ha volt (Árendás és mtsai. 2010).

Növényvédelmi kezelésekkel kombinált N-trágyázási kísérletek három éves (2010-2012) eredményei szerint martonvásári erdőmaradványos csernozjom talajon a durum búzafajták átlagában a szemtermés maximuma a gombaölő szerrel nem védett parcellákon 5,34 t/ha volt, az ehhez tartozó N-hatóanyag szükséglet 93 kg/ha. A levél- és kalászvédelemben részesített növények terméstöbblete 0,85 t/ha volt, amihez a másodfokú polinomiális függvény illesztése 121 kg/ha N-hatóanyag felhasználást becsült (Árendás és mtsai. 2012). Az ezekben a kísérletekben történt növényanalízisek, valamint a föld feletti szárazanyag termés (szem és szalma) ismeretében elvégzett számítások szerint 5 t/ha szalmával 100 kg NH₄NO₃, 70 kg szuperfoszfát és 110 kg 60%-os kálisóval egyenértékű N, P, és K-hatóanyagot viszünk el talajainkból.

Vetésidő kísérletek

Kéttényezős (vetésidő x fajta) technológiai adaptációs kísérleteinkben az őszi búza optimális vetési időpontja a regresszióanalízissel jellemzett termésreakciók szerint Martonvásáron október 1-9. között változott (Árendás és mtsai. 2003). Az optimálisnál korábbi vetésből eredő terméseszkkenés mértéke – a száraz, és meleg október-novemberi hónapokban előforduló vírusfertőzések miatt – meghaladhatja az 50%-ot.

A vetésidő későbbre tolódásával a búzák maximális magassága csökken. Az alacsonyabb növényekből álló, ritkább állományokban a közvetlen terméseszkkenésen túl a búza kisebb gyomelnyomó képessége miatt nő a búza aszályérzékenysége (Árendás és mtsai. 2008).

Köszönetnyilvánítás

A közlemény megjelenését a Baross Gábor Program REG_KD_09-2-2009-0032., valamint az OTKA K101794 és K105789 sz. projektjei támogatták. *A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- Árendás T., Láng L., Bónis P., Bedő Z. (2003) Őszi búzafajták vetésidő reakciójának összehasonlító vizsgálata. *Növénytermelés*, 52: 21-31.
- Árendás T., Németh T., Honti L., Goór Sz., Bedő Z. (2008) A Pannon minőségű búza szaktanácsadási rendszere. Minőség és fejtrágyázás. In: Bedő Z. (szerk.) A Pannon minőségű búza nemesítése és termesztése. Agroinform Kiadó. Budapest. 83-93.
- Árendás T., Bónis P., Csathó P., Molnár D., Berzsényi Z. (2010) Fertiliser responses of maize and winter wheat as a function of year and forecrop. *Acta Agron. Hung.* 58: (Suppl.), 109-114.
- Árendás T., Berzsényi Z., Bónis P. (2012) A szántóföldi gabonatermesztés lehetőségeinek kihasználását segítő agrotechnikai kutatások Martonvásáron. *Agrártudományi Közlemények*, 49: 89-93.
- Berzsényi Z., Györfly B., Lap D.Q. (2000) Effect of Crop Rotation and Fertilisation on Maize and Wheat Yields and Yield Stability in a Long-term Experiment, *Eur. J. Agron.* 13: 225-244.
- Berzsényi, Z., Lap D.Q. (2003) A N-műtrágyázás hatása a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek szemtermésére és N-műtrágyareakciójára tartamkísérletben. *Növénytermelés*, 52: 389-408.

- Berzsényi Z. (2009) Az ötven éves martonvásári tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében. In: Berzsényi és Árendás (szerk.) Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében. MTA MGKI. Martonvásár, 37-49.
- Berzsényi Z., Árendás T., Bónis P. (2011) a kukorica hibridek növény szám reakcióját meghatározó tényezők eltérő csapadékellátottságú környezetben. *Agrofórum Extra* 42: 47-52.
- Berzsényi Z., Tokatlidis, I.S. (2012) Density dependence rather than maturity determines hybrid selection in dryland maize production. *Agron. J.* 104: 1-6.

TERMŐHELYI TÉNYEZŐK SZEREPE ERDŐTERÜLETEN, AZ EXTRÉM IDŐJÁRÁSI HELYZETEK KIEGYENLÍTÉSÉBEN

BIDLÓ ANDRÁS¹, BERKI IMRE¹, GÁLOS BORBÁLA¹, GRIBOVSZKI ZOLTÁN²,
MÓRICZ NORBERT¹, MÁTYÁS CSABA¹

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

¹*Környezet- és Földtudományi Intézet*

²*Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet*

9400 Sopron, Bajcsy Zs. u. 4.

abidlo@emk.nyme.hu

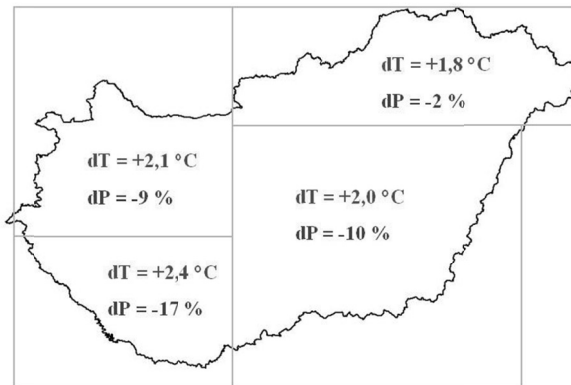
Az éghajlatváltozás jelentős hatást gyakorol a termőhelyi tényezőkre, a hőmérséklet, csapadék és párolgás viszonyokra, a talajvíz mélységére. A korábbi klímaváltozások esetén az erdőknek volt ideje alkalmazkodni a lassan változó körülményekhez. A jelenlegi és a jövőben várható változások a fafajok életciklusát tekintve (ami még a kezelt erdőkben is akár 100-150 év lehet) igen gyorsak. Az erdők vízfelvétele befolyásoló hatások szárazodó klímában egyre fokozottabban érvényesülnek egészen addig, míg az erdővegetáció gyökérrendszere képes elérni a többletvizet jelentő talajvízforrást, ezután azonban az erdő vagy legalábbis bizonyos erdőtípusok léte megkérdőjeleződik majd. Különösen gondos döntést igényel az új erdőtelepítések kérdése a szárazságtól veszélyeztetett körzetekben. A mérsékelt öv számos pontján (pl. Kínában, Belsőázsiaiban, de az USA délnyugati száraz körzeteiben is) az erdőtakaró vízkészletekre gyakorolt hatása egyre nagyobb figyelmet kap. Ez adja meg a jelentőségét és időszerűségét nem csupán a klímaváltozás erdei ökoszisztémákra gyakorolt hatására, hanem az erdők klimatikus és hidrológiai szerepére irányuló kutatásoknak is.

Bevezetés

Az erdőállományok előfordulását és növekedését alapvetően a termőhelyi tényezők határozzák meg. A termőhelyi tényezők fogalmát magyarul először Fekete Lajos (1882) fogalmazta meg: „Földünk felületének azon részét, melyen valamely növény tenyészik, azon összes physical és chemiai hatókkal együtt, melyek azon növény tenyésztésére befolyást gyakorolnak: az illető növény termőhelyének nevezzük”. Közel száz évvel később *Szodfridt István* (1994) így adta meg a termőhely fogalmát: „A termőhely a növénytársulások életéhez szükséges élettelen tényezők - klíma, talaj, hidrológia – foglalata”. A termőhelyi tényezőket sokáig közel állandónak tekintették, mivel az ezekben bekövetkező változások általában igen lassúak. A termőhelyi tényezők dokumentálásával és megfigyelésével kiderült, hogy ezen tényezők, még a természetes erdei ökoszisztémákban is változnak, hiszen nem csak a termőhely hat az erdei ökoszisztémákra, hanem az erdei ökoszisztémák is vissza hatnak a termőhely egyes tényezőire. E kölcsönhatás eredményeképpen a termőhelyi tényezők és a rajtuk álló ökoszisztémák „alkalmazkodnak” egymáshoz. Ugyanakkor a változásokat a külső, elsősorban antropogén hatások, felgyorsíthatják, illetve jelentősen befolyásolhatják. Az emberi beavatkozás eredményeképpen a termőhelyek jelentősen átalakulhatnak, ami magával vonhatja az erdei ökoszisztémák átalakulását is. Ezen külső hatások az utóbbi néhány száz évben jelentősebbé váltak. Elsőként a nagy területű fakitermelések, majd a vízrendezések alakították át hazánk erdeinek termőhelyét. Az utóbbi évtizedben az időjárási változások, a szélsőségek gyakoribb megjelenése hat a termőhely változáson keresztül az erdőállományokra. Ugyanakkor ezen hatásokat az erdőállományok bizonyos mértékig tompítani, ellensúlyozni képesek, így a szélsőségek kiegyenlítésében igen jelentős szerepet játszhatnak. A következőkben két termőhely tényező esetében mutatjuk be, hogy ezek miként változnak meg a közlejövőben az erdőállományok életében.

Klíma

Az egyes fafajok előfordulását és növekedését elsősorban a klimatikus körülmények határozzák meg. A magyar erdészeti termőhely-osztályozás négy klíma kategóriát különböztet meg, amelyeket az adott klímában előforduló fafajokkal jellemeznek. A hazai erdők közel 8,8%-a tartozik a bükkös klímába. Ezen erdőkre a kedvező csapadék viszonyok (600-800 mm/év) és az alacsonyabb átlaghőmérséklet (8-10°C) jellemző, így hazánk hegyvidéki tájain található meg elsősorban, de bükkös állományok a Zalai-dombság és a Zselic területén is előfordulnak. Legnagyobb kiterjedésben (38,2%) a gyertyános-kocsánytalan tölgyes állományok jelennek meg, főként a hegyvidékek alacsonyabb fekvésű részein és a dombvidékeinken, ahol az évi csapadék 600 mm-nél több, és az éves átlaghőmérséklet 8°C feletti. A 600-650 mm-nyi évi csapadékkal és 9°C feletti átlaghőmérséklettel jellemezhető területeken (27,9%) találhatóak a cseres – kocsánytalan tölgyesek, melyek a dombvidékek alacsonyabb fekvésű részein és az alföldek peremvidékein jelennek meg. Az ország alföldi részein, az erdőssztyepp klíma övben (25,1%), őshonos fafajokból álló zárt erdők kialakulása elsősorban csak akkor lehetséges, ha a csapadékhiányt valamilyen többlet víz (pl. talajvíz) pótolja. Ezen területeken az évi csapadék 550-600 mm, az évi átlaghőmérséklet 10,5 °C feletti.



1. ábra. A nyári hőmérsékletváltozás (dT) és relatív csapadékanómia (dP) az 2036-2065-ös időszakra, az 1961-1990-es periódushoz képest (Gálos és mtsai. 2010 nyomán)

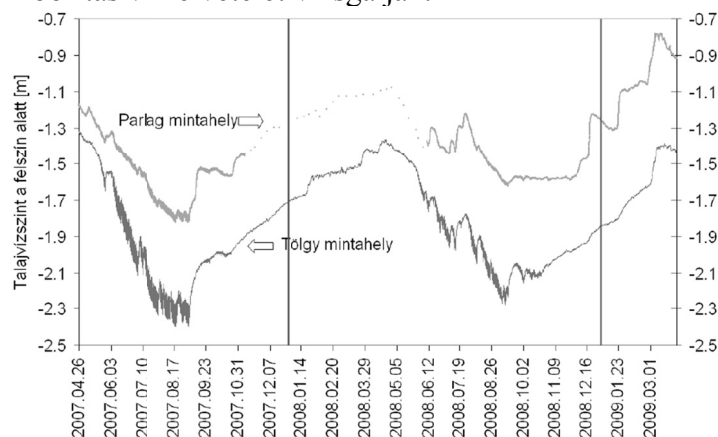
Az elkövetkezendő évtizedekben a hőmérséklet várható növekedése és a nyári csapadékmennyiség erőteljes csökkenése (1. ábra) miatt a magyarországi klimatikus erdőövek jelentős eltolódásával kell számolnunk. A klimatikus átlagok változása mellett az időjárási szélsőségek (pl. aszályok) is gyakoribbá válhatnak (Gálos és mtsai. 2009). Az egyes fafajok számára kedvezőtlenebbé váló klíma hatására először a növekedés csökkenésével, majd egészségi károsodással kell számolnunk (Berki és mtsai. 2007). Bár az erdőállományok egy-egy kedvezőtlenebb évet képesek „átvészelni”, hosszabban tartó kedvezőtlenebb időszakok jelentős károsodásukat okozhatják. Kiemelten veszélyeztetett a hűvösebb-nedvesebb viszonyokat kedvelő bükk, amelynek hazánkban húzódik az elterjedésének alsó (szárazsági) határa (Mátyás és mtsai. 2010, Führer és mtsai. 2011). A gyakori, szélsőséges aszályos periódusok ezen állományok részleges, vagy teljes pusztulásához vezethetnek.

A magyarországi erdőállományok 80%-a többletvízhatástól független termőhelyeken áll (AESZ 2002). Az ilyen termőhelyeken az állományok csak a csapadékból származó vízre vannak utalva, mivel a nincs a növényzet számára elérhető talajvíz. Ezen erdőkben igen nagy jelentősége van a csapadék mennyiségének és eloszlásának. Az évi csapadék mennyiségét nem tudjuk befolyásolni, ezért alapvető fontosságú, hogy az erdei ökoszisztémák miként képesek ezt hasznosítani, illetve tárolni. Járó (1981) az erdőállományok évi vízfelhasználását a szervesanyag-termeléssel összefüggésben határozta meg. Megállapította, hogy a párás klímában tenyészők (bükkös) vízfelhasználása kisebb, mint a száraz termőhelyeken

(kocsányos tölgyes, hazai nyáras) élőké. A klimatikus adottságokból adódóan a legnagyobb vízigényűek az alföldi, illetve az alföld peremi erdőállományok, melyek transzspirációs vízfelhasználása, tehát vízigénye is nagyobb (Járó 1980). Ugyanakkor vannak olyan fafajok (pl. erdei, fekete fenyő és akác), amelyek a száraz alföldi klímában nagyon alacsony vízfelhasználással rendelkeznek.

Talajvíz szerepe

Az erdőtakaró léte szempontjából a klimatológiai tényezők közül a legjelentősebb a csapadék, a párolgás (ET), illetve ezek egymáshoz viszonyított aránya. Az északamerikai természetközeli erdős-sztyepek elemzése alapján Máttyás és mtsai. (2013) megállapították, hogy a zárt erdőtakaró fennmaradásához legalább 400 mm/év csapadéokra van szükség a vegetációs időszakban. Ha ennél kevesebb, akkor csak bozót vagy füves vegetáció képes fennmaradni. Magyarországon az Alföld szélsőséges klímájában 150–350 mm/év negatív vízmérleggel kell számolnunk, a vízhiány növekedési üteme 0,4–0,5 mm/év (Kovács 2002). Az erdőállomány párolgása (mind a transzspirációs, mind az intercepciós) általában nagyobb, mint a szomszédos gyepterületeké, a nagyobb levél- és lombfelület, illetve a mélyebb gyökérzet miatt. Különösen igaz ez a jellemzően ún. erdős-sztyep klímájú magyar Alföld esetében, ahol pusztán a csapadékmennyiség nem is lenne elegendő az erdő vízigényének kielégítésére (Ijjász 1938), így a fák a fokozott párologtatáshoz szükséges vizet csak a talajvízből pótolhatják. Különösen igaz ez a szárazodó klimatikus viszonyok között. A következő részben esettanulmányokat mutatunk be, melyek az egyes erdőtípusok, valamint erdő és egyéb felszínborítás vízfelvételét vizsgálják.



2. ábra. Kocsányos tölgyes és parlag talajvízjárásának összehasonlítása (Móricz és mtsai. 2012)

Az erdő és a lágyszárú felszínborítás vízfelhasználását Móricz és mtsai. (2012) hasonlították össze a Nyírségben (2. ábra). Eredményeik alapján a vizsgált 2007–2009 időszakban egy talajvízfüggő kocsányos tölgyes erdőterület evapotranszspirációja (785 mm) kb. 30%-kal volt nagyobb, mint a közelben fekvő parlagé (623 mm). A különböző földhasználati változatok talajvíz-felhasználása között pedig közel háromszoros volt a különbség (erdő: 243 mm, parlag: 85 mm). A talajvíz felszíntől számított szintje a vegetációs időszakban 0,6-0,7 m-el volt mélyebben az erdőben, míg ez a különbség a nyugalmi időszakban csak 0,2-0,3 m volt.

Gribovszki és mtsai. (2012) vizsgálatai szerint 2012. nagyon száraz nyarán, egy járszági kocsányos tölgyes alatt 0,45 m-rel volt alacsonyabban a talajvíz, mint a szomszédos gyepterület alatt. A tölgyes talajvízből származó evapotranszpirációja pedig (7,6 mm) több mint a kétszerese volt a gyepterületnek (3,3 mm). Major (2002) szerint egy Kiskunságban található 2–2,5 km széles, főként fenyőkből álló erdőtömb alatt a talajvíz szintje maximálisan 0,8–1,1 m-rel mélyebben helyezkedik el, mint az erdőn kívüli területeken. A vizsgált erdő rész mérések

alapján számított, tényleges évi párolgásának (transzspiráció, intercepció együttesen) értéke az erdő 15–20 éves korától kezdődően meghaladta az évi csapadékösszeget. Több egymás mellett fekvő különböző erdősültségű terület adatait összevetve az erdők fokozott intercepciója és transzspirációja egyértelműen kimutatható volt. *Szilágyi és mtsai. (2012)* elemezték a Duna-Tisza közti területek párolgását (MODIS felszíni hőmérsékletek segítségével előállított párolgástérképek alapján) és megállapították, hogy a felszínborítási formák közül a területen a legnagyobb párolgása a lomblevelű erdőknek volt (505 mm/év, miközben ugyanezen időszak éves átlagos csapadéka 550 mm/év). Bizonyos területeken az evapotranspiráció a csapadéknál nagyobbak adódott. Ezek az általában talajvíz feláramlási zónák sok helyen jó átfedést mutattak az erdőborítással. A jelenség magyarázatát abban látták, hogy az erdővegetáció mély gyökérrendszerével képes elérni a légyszárúak számára már túl mélyen elhelyezkedő talajvizet is, és különösen száraz időszakokban hasznosítani azt.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat az „Erdő- és mezőgazdálkodás, valamint megújuló energiaforrás technológiák és a klímaváltozás” (TÁMOP-4.2.2/08/1-2008-0020) és az „Agrárklíma: Az előrevetített klíma-változás hatáselemzése és az alkalmazkodás lehetőségei az erdészeti és agrárszektorban” (TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0013) projekt támogatta. Gribovszki Zoltán munkáját a Boyai János Kutatási Ösztöndíj segítette.

Irodalom

- AESZ, 2002: Magyarország erdőállományai 2001, Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest, 2002
- Berki I., Móricz N., Rasztoivits E., Vig P. 2007. A bükk szárazság tolerancia határának meghatározása. In: Mátyás Cs., Vig P. (szerk.) **Erdő és klíma V.** Sopron, 213-228.
- Führer E., Marosi Gy., Jagodics A., Juhász I. 2011. A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. **Erdészettudományi Közlemények** 1: 17-28
- Gálos B., Ph. Lorenz, D. Jacob 2009. Klímaváltozás – szélsőségesebbé válnak száraz nyaraink a 21. században? „**Klíma-21**” **Füzetek** 57: 56-63
- Gribovszki Z., K. Balog, N. Fodor, A. Szabó and T. Tóth 2012. Impact of lowland forests on water table in shallow groundwater areas of the Hungarian Great Plain. Hydrocarpath International Conference, Catchment processes in regional hydrology: from experiment to modeling in Carpathian drainage basins, Sopron, Hungary, 28-30 October 2012, Conference CD, p. 7.
- Ijjász E. 1938. Az erdő szerepe a természet vízháztartásában. *Hidrológiai Közlöny*. 18. 416–445.
- Járó Z. 1980. Intercepció a gödöllői kultúrerdei ökoszisztémában. **Erdészeti Kutatások**. 73. 7–17.
- Járó Z., 1981. A hazai erdők vízfogyasztása. **Agrártudományi közlemények**. 40. 353–356.
- Kovács F. 2002. A szárazodás folyamatának vizsgálati lehetőségei a Duna–Tisza közén. In: Földrajzos Doktoranduszok VII. Országos Konferenciája. (Szerk.: FARKAS GY. & ZÁBRÁDI ZS.) 1–10. ELTE TTK Földrajzi Tanszékcsoport. Budapest.
- Major P., 2002. Síkvidéki erdők hatása a vízháztartásra. **Hidrológiai Közlöny**. 82. (6) 319–324.
- Mátyás Cs., Führer E., Berki I., Csóka Gy., Drüsler Á., Lakatos F., Móricz N., Rasztoivits E., Somogyi Z., Veperdi G., Vig P., Gálos B. 2010. Erdők a szárazsági határon. „**Klíma-21**” **Füzetek** 61: 84-9
- Mátyás Cs., Sun, G., Zhang, Y. 2013. Afforestation and forests at the dryland edges: lessons learned and future outlooks. In: *Dryland East Asia: Land dynamics amid social and climate change* (eds. Chen, J. Wan, S., Henebry, G., Qi, J., Gutman, G., Sun, G., Kappas, M.) *Ecosystem Science and Applications*, HEP Publishers, Beijing, and De Gruyter Publishers, 245-264
- Móricz, N., Mátyás, Cs., Berki, I., Rasztoivits, E., Vekerdy, Z., Gribovszki, Z. 2012. Egy erdő és egy parlagterület vízforgalmának összehasonlítása. **Hidrológiai Közlöny**, 92. évf. 1. szám, p. 67-74.
- Szilágyi, J., Kovács, Á. and Józsa, J. 2012. Remote sensing based groundwater recharge estimates in the Danube-Tisza Sand Plateau region of Hungary, **J. Hydrol. Hydromech.**, 60, 2012, 1, 64-72, doi: 10.2478/v10098-012-0006-3
- Szodfridt I., 1994: **Erdészeti termőhelyismeret-tan**, Mezőgazda Kiadó, Budapest

BÚZAJAJTÁK NEMESÍTÉSI ÉRTÉKÉNEK BECSLÉSE

LÁNG LÁSZLÓ, KUTI CSABA, BEDŐ ZOLTÁN

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Kalászos Gabona Nemesítési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
lang.laszlo@agrar.mta.hu

A nemesítési programokban szülőként évente több száz – igen részletesen megvizsgált és gondosan kiválasztott – genotípus szerepel, melyek közül végül kevés járul hozzá közvetlenül az új fajták előállításához. Sikeres kombinációnak azonban nem csak az tekinthető, amely fajtát eredményez – legalább ilyen értékes az a keresztezés is, amelyből új kiindulási anyag szelektálható egy következő nemesítési ciklus számára. A több évtizedes martonvásári nemesítési nyilvántartás lehetővé teszi, hogy a létrehozott keresztezések sorsát nyomon követve értékelhessük a legfontosabb keresztezési partnerek nemesítési értékét utódaik száma és arány alapján. A fajták kombinálódó képességét jelző elemzésnek nem célja a keresztezések számának csökkentése, vagy egyes genotípusok kizárása a nemesítésből, inkább azt célozza, hogy felhívja a figyelmet olyan jól kombinálódó szülőkre, melyek egymással korábban még nem voltak keresztezve.

Bevezetés

A növénynemesítés első, és valamennyi ezt követő tevékenység eredményét meghatározó mozzanata olyan nagy genetikai variabilitással rendelkező populációk létrehozása, amely egyedei között nagy valószínűséggel fordulnak elő kívánt tulajdonság kombinációkat hordozó rekombinációk. A hasadó populációk létrehozását követően a búza nemesítésének második fázisában több éven keresztül végzett öntermékenyítés és azzal párhuzamosan a kedvező variánsok kiválogatása folyik, míg végül a nemesítés utolsó éveiben a kiválasztott törzsek kereskedelmi értékének meghatározására kerül sor.

A genetikai variabilitás létrehozásának legfőbb módszere az ivaros keresztezés. Általános alapelvként elfogadott, hogy - amint már Villax 1944-ben írta – a keresztezendő szülők tulajdonságainak ismeretében kell mérlegelni, hogy az ivadékokban fellelhető lesz-e a céljainknak megfelelő kombináció. Barabás (1987) szerint vagy egymáshoz nagyon hasonló, vagy jelentősen eltérő szülőkre lehet szükség attól függően, hogy milyen gyorsan és milyen bonyolultan öröklődő tulajdonságot kívánunk javítani. Snape (2004) szerint a növénynemesítés lényege: keresztezd a legjobb szülőket, szelektáld a legjobb törzseket és reméld a legjobbat.

Ha egy nemesítési csoport minden évben képes egy vagy több új fajtát nemesíteni, a kutatási program sikeresnek tekinthető. Egy-egy új fajta regisztrálása mögött száz-as nagyságrendű keresztezési kombináció létrehozása, és tízezres nagyságrendű fiatal törzs szelektálása áll. A keresztezési programokban szülőként több száz – gondosan kiválasztott – genotípus szerepel, melyek közül végül kevés járul hozzá közvetlenül az új fajták előállításához.

A potenciális szülői genotípusok agronómiai tulajdonságainak fenotipusos vizsgálata mellett a nemesítők már több évtizede vizsgálják a fajták jellemzésére a nagy molekula tömegű glutenin összetételét (Payne 1983), mely alapján becsülhető az utódok potenciális minősége. A molekuláris markerekre alapozott szelekció gyors fejlődésével a keresztezések tervezésének új korszaka nyílt meg (Koebner és Summers 2003). Mindezen új lehetőségek ellenére a szülők kombinálódó képességének előre jelzése az öntermékenyülő növények esetében rendkívül nehéz, mivel a kombináció valódi értéke csak a későbbi generációkban nyilvánul meg (Merezhko 1994).

A martonvásári búzanemesítési program adatbázisainak elemzésével azt vizsgáltuk, hogy az empirikus szelekciós adatokból milyen következtetések vonhatók le a szülő fajták nemesítési értékére vonatkozóan?

Anyagok és módszerek

A vizsgálatokat az MTA ATK Mezőgazdasági Intézet Kalászos Gabona Nemesítési Osztály adatbázisain végeztük. A martonvásári fejlesztésű „Breeder” programcsomaggal (*Láng és mtsai. 2001*) végzett számítógépes nyilvántartás az 1983-2013 között végzett valamennyi keresztezést tartalmazza, és nyomon követhető minden populáció és minden szelektált törzs életútja mindaddig, amíg az valamely kísérletben, vagy génbanki gyűjteményben szerepel. A „Breeder” informatikai rendszer pedigre nyilvántartása (*Kuti és mtsai. 2006*) lehetővé teszi az új pedigrek automatizált létrehozását, valamint a pedigrek szülő komponensre bontását akár a családfa felrajzolása, akár valamilyen elemzés elvégzése érdekében. A molekuláris genetikai adatok nyilvántartást lehetővé tevő program modul (*Kuti és mtsai. 2010*) az új kombinációk tervezéséhez ad segítséget.

Eredmények és következtetések

Az államilag elismert búzafajták pedigréjének vizsgálatokor megfigyelhető, hogy néhány éves ciklusonként más-más fajták jelennek meg viszonylag nagy gyakorisággal a fajták pedigréjében. A martonvásári fajták esetében az 1996-2001 között született fajták leggyakoribb kiindulási anyaga a Fatima-2, míg a 2002-2004 között elismert fajták létrehozásakor az Mv Magdaléna bizonyult a legsikeresebb keresztezési partnernek. Egy-egy keresztezési partner nagy sikeressége más nemesítési programokban ugyanígy kimutatható. Az 1992-1999 között létrehozott szegedi (GK) búzafajták pedigréjében a GK Kincső, GK Minimanó, GK István a fajták mintegy fele esetében szülőként szerepel.

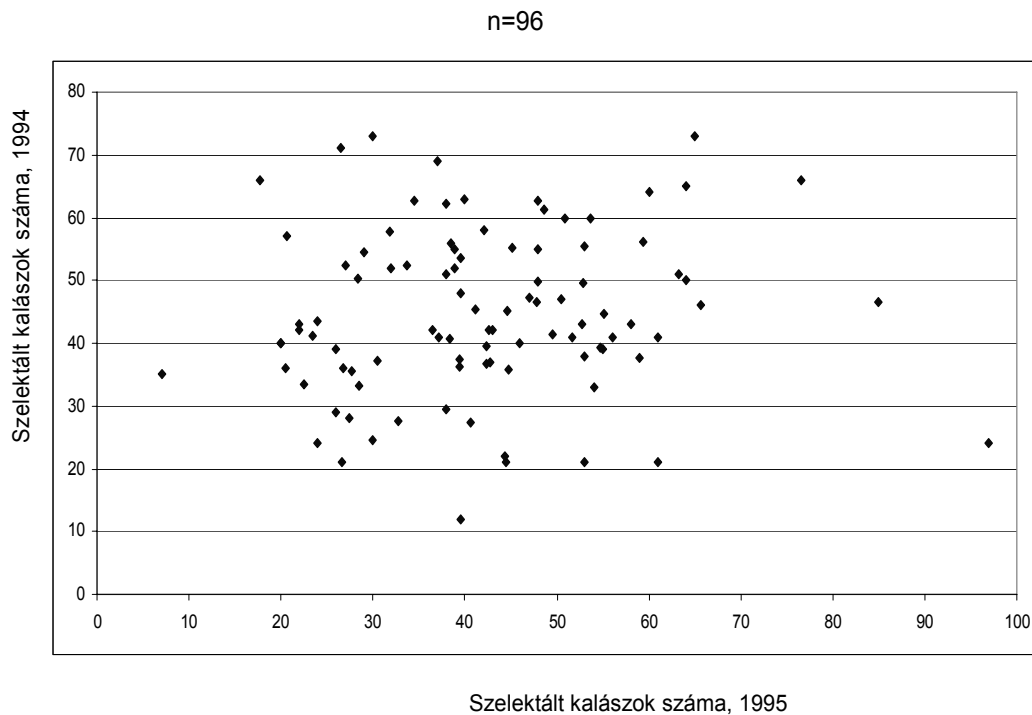
Amíg a nemesítés utolsó, tesztelési szakaszában egyre több nagy kapacitású, pontos és objektív vizsgálati módszerrel végezhető a szelekció, addig a korai nemzedékekben a populációk és a fiatal törzsek megítélése és szelekciója döntően napjainkban is a nemesítő szubjektív – a fenotípus vizuális értékelésére alapozott - döntésein múlik. Ebben a fázisban semmi sem teszi lehetővé annak előre jelzését, mely kombinációkból, vagy melyik szülői genotípusok utódai közül sikerül végül majd fajtát előállítani. A martonvásári búzanemesítési programról rendelkezésre álló hatalmas adattömegre alapozva megvizsgáltunk néhány olyan szempontot, amely a keresztezésekhez felhasznált szülői partnerek értékelését teheti lehetővé.

1. A keresztezési partnerek retrospektív jellemzése az F₂-nemzedékben szelektált egyedek száma alapján

Martonvásáron évente 250-350 szülő 600-1200 közötti keresztezési kombinációját hozzák létre. A szülők mintegy kétharmadával egy éven csupán egy keresztezés történik, míg más genotípusok több évig, évente akár több tíz kombinációban is szerepelnek. F₂ nemzedékben a kombinációkból szelektált átlagos egyedszám 55-65 között változik, a jól kombinálódó és gyakran keresztezett szülők szelektált összes utójának száma évente elérheti a 4-6000-et is.

A többször keresztezett szülő fajták általános kombinálódó képességét az F₂ populációikban szelektált egyedek számával becsültük. A vizsgált 96 fajta esetében a populációikból szelektált átlagos kalászszaám 1994-ben 11-73, 1995-ben 9-97 db között változott, azonban a fajták két keresztezési ciklusban mért sikeressége között csak nagyon laza összefüggés figyelhető meg (*1. ábra*). Ez arra utal, hogy mind az évjárat, mind pedig a keresztezési partnerek különbözősége nagy hatással van a kombináció sikerességének illetően megítélésére.

1. ábra Azonos szülők eltérő F₂ utódaiból szelektált átlagos egyedszám
1994-1995



2. A keresztezési partnerek objektív értékelése az F₃ nemzedékben végzett törzs szelekció alapján

Az előzőekben jellemzett 600-1200 populációból szelektálva az F₃ törzsek száma 30.000-60.000 között változik évente. Ebben a generációban a nemesítői döntést számos fenotipusos jelleg vizuális megítélése alapozza meg. Kedvező évjáratban a mono- vagy oligogénes tulajdonságokra - koraiság, magasság, betegség ellenállóság – hatékonyan lehet szelektálni, azaz a szelekciós döntés egyben a szülő partnerek értékét, és kombinálódó képességét is mutathatja.

Az utóbbi évtized adatainak elemzése azt mutatja, hogy a fiatal (f3) nemzedékben végzett szelekció során a szelekciós nyomás 86-94% között változott, azaz a törzsek csupán kevesebb, mint 10 %-a felelt meg a nemesítői elvárásoknak. A pozitív variáns utódok aránya az egyes keresztezési partnerek esetében 0-38% sávban mozgott. Az 1. táblázat jól szemlélteti, hogy a nemesítésben kiváló tulajdonságaik alapján kiválasztott szülők utódai többszörösen eltérő arányban jutnak el a törzs szelekció során a későbbi generációkba.

1. táblázat. A legtöbb F₃ utóddal rendelkező keresztezési partnerek, és a szelektált utódok aránya
(Martonvásár, 2004)

Szülő partner	Összes utód száma	Szelektált utódok száma	Szelektált utódok aránya %
AMANDA	3722	360	10
VEKNI	3491	271	8
DI9812	3466	594	17
UKRAINKA	3375	278	8
ADMIS	3000	334	11
CSARDAS	2756	233	8
VERBUNK	2629	285	11
MAMBO	2584	106	4
SUBA	2457	251	10
PALMA	2403	40	2
BRUTUS	1972	160	8
DALMA	1646	109	7
MAGDALENA	1589	128	8
CIPO	1251	165	13
MAGVAS	1198	45	4
MARTINA	1063	57	5
PANNA	1025	86	8

Irodalom

- Barabás Z. (1987): *A búza nemesítése*. In: A búzatermesztés kézikönyve. Szerk. Barabás Z. 117-214. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
- Koebner, R. M. D., Summers, R. W. (2003): 21st century wheat breeding: plot selection or plate detection? *Trends in Biotechnology* Vol.21 No.2 February 2003, 59-63.
- Kuti C., Láng L., Bedő Z. (2006): Pedigree records in plant breeding: from independent data to interdependent data structures. *Cer. Res. Comm.* 34:(2-3) 911-918.
- Kuti C., Láng L., Gulyás G., Karsai I., Mészáros K., Vida Gy., Bedő Z. (2012): Bioinformatics tool for handling molecular data in wheat breeding. *Cer. Res. Comm.* 40:(4) 573-582.
- Láng L., Kuti C., Bedő Z. (2001): Computerised data management system for cereal breeding. *Euphytica* 119:(1-2) 235-240.
- Merezhko A. F. (1994): Problema donorov v selekzii rastenii. (The problem of donors in plant breeding). St. Petersburg, 126p.
- Payne P.I., Holt L. M., Thompson R. D., Bartels D., Harberd N. P., Harris P. A., Law C. N. (1983) The high molecular weight subunits of glutenin: classical genetics, molecular genetics and the relationship of breadmaking quality. In *Proc. 6th Int. Wheat Genetics Symp.* (Sakamoto, S., ed.), 827–834, Kyoto, Japan
- Snape J. (2004): Challenges of integrating conventional breeding and biotechnology: a personal view! "New directions for a diverse planet". *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*, 26 Sep – 1 Oct 2004, Brisbane, Australia. Published on CDROM. Web site www.cropscience.org.au
- Villax Ö. (1944): *Növénynevelés*. I. kötet. Általános növénynevelés. Magyaróvár, 1944. 351.

A FENNTARTHATÓ NÖVÉNYTERMELÉS TUDOMÁNYOS HÁTTERE, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A PRECÍZIÓS, TERMŐHELY SPECIFIKUS TECHNOLÓGIÁKRA

NEMÉNYI MIKLÓS

*Nyugat-magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi Kar
Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete
9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
nemenyim@mtk.nyme.hu*

A jelenleg használt, korszerűnek mondott növénytermesztési technológiák nem elégítik ki a fenntarthatóság elvárásait. Alapvető probléma, hogy a természetes- és agrárökológiai rendszereket nem egységes szemlélettel vizsgálják, sőt a két rendszer kapcsolatával foglalkozó kutatók, ill. kutatási projektek száma is elenyésző. E nélkül pedig nem képzelhető el a fenntartható egymás mellett élése a két alapvetően eltérő tulajdonságokkal rendelkező környezetnek. A szerző egyik tézise, hogy a természetben meglévő önszabályozó rendszer analógja a fenntarthatósági kritériumoknak megfelelő, műszaki-térinformatikai háttérrel támogatott agrártechnológia. A dolgozat a fenntartható biomassza előállítás legfontosabb feladatai közül azokat elemzi, amelyek megoldásához a Nyugat-magyarországi Egyetem Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetében folyó kutatások hozzájárulnak.

Bevezetés, történelmi előzmény

Több okot is fel lehetne sorolni az intenzív, a termőhely potenciálját kihasználó technológiák szükségessége mellett. Itt csak két szempontot említünk: bár kétségtelen tény, hogy Földünk lakosságának jelentős hányada nem azért alultáplált, mert nem lenne elegendő élelmiszer, hanem az elosztási problémák miatt: a FAO felmérése szerint a világon több ember hal meg évente alultápláltság miatt, mint AIDS-ben, maláriában, ill. tüdőbajban. Másrészt egyre nagyobb az igény a természetben természetes úton lebomló biológiai nyersanyagok iránt, legyenek azok az iparban, vagy hajtóanyagként, ill. tüzelőanyagként felhasználva.

A zöld forradalom, bár a név nem feltétlenül azt sugallja, tudományosan megalapozott intenzív, műtrágyákra, növényvédő szerekre és korszerű műszaki rendszerekre alapozott technológiák bevezetését jelentette a növénytermesztésben a fejlődő országokban. Olyan technológiáiként, amelyeket a fejlett ipari országokban már széleskörűen használtak. A „Zöld forradalom” atyjának nevezett N.E. Borlaug (1914-2009) 1970-ben béke Nobel-díjat kapott. Borlaug sokat idézett kijelentése: „Egy békés világot nem lehet üres gyomorral és nyomorban élő emberekkel felépíteni.” (Political commentary and analysis, April 7, 2008). Bár kétségtelen tény, hogy a növénytermesztési technológiák fejlődése számos területen a '70-es évek technológiáihoz viszonyítva környezetkímélőbbé tette a biomassza előállítását az elmúlt 30-35 évben, összességében elmondhatjuk, hogy sem az egyes műveletek, sem az egész rendszer nem felel meg a fenntarthatósági kritériumoknak. Ha a Brundtland Bizottság jelentésére (1987) utalva átgondoljuk, hogy „a fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen generáció szükségleteit, anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generáció esélyeit arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.” (Láng 2008), akkor ezen a területen még jelentős feladataink vannak.

A fenntartható biomassza előállítás követelményei

1. CO₂ semleges termelési technológiák; 2. A talajvíz és a felszíni vizek nitrifikációja és eutrofizációja nélküli tápanyag-pótlás; 3. Kemikáliák (elsősorban növényvédő szerek) környezeti szennyeződésének megakadályozása; 4. Talajerózió nélküli termelés; 5. A természetes és az agrárökológiai rendszer közötti gradiens fenntartása a termőhely potenciáljának kihasználása érdekében.

A CO₂ semlegesség alatt nem csak azt kell érteni, hogy biológiai eredetű hajtóanyagokkal dolgozunk, hanem azt is, hogy a nitrogén alapú műtrágyákat nem földgázból, hanem biogázból állítjuk elő, de ez az elvárás vonatkozik a természetben könnyen lebomló növényi eredetű kenőanyagokra is. Megújuló energiahordozók felhasználásával kell ebben az esetben a gépeket és berendezéseket is gyártani. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy az utolsó pontban említett szempont igényli a részletesebb magyarázatot. *Morowitz (1968)* azt írja: „Szembetűnő az a tendencia, hogy az élő szervezetek megszervezik a környezetüket, rendet csinálnak ott, ahol eddig nem volt rend.” Itt alapvetően egy termodinamikai fogalomról van szó. A rendcsinálás a környezetben a diverzitás, az entrópia lecsökkentését jelenti. Ennek egyszerű oka van: az organizmusok igyekeznek a konkurensokat a környezetükből eltávolítani, hogy az életfeltételük javuljon, az energiához, tápanyaghoz és a vízhez könnyebben hozzájussanak.

Itt azonban felmerül egy alapvető, nem csak természettudományos, hanem filozófiai kérdés is: Ugyanezt az ember miért nem teheti meg? A választ az önszabályozó rendszer megléte, vagy meg nem léte kérdéskörben kell keresni. *Margulis (1998)* erről a következőket írja: „Egyik szervezet sem táplálkozik a saját ürülékével... az egyik organizmus váladéka [vagy termése: a szerző megj.] a másik tápláléka... a Gaia globális szinten forgatja vissza az anyagot... a földi élet összessége, a Gaia, olyan élettani tulajdonságokat mutat, amelyben a természetes szabályozás ismerhető fel.”

Antropogén oldalról vizsgálva a problémát megállapíthatjuk, hogy ezt a szabályozást mesterségesen kell elvégeznünk. Ezt a szabályozási rendszert az agrárökológiában úgy hívják, hogy fenntarthatóság. Ha annak megfelelően, akkor a két rendszer közötti számtalan gradiens is fenntartható, a termőhely potenciálja hosszútávon kihasználható úgy, hogy a fenntarthatóság általános követelményeinek is megfelelően (*Neményi 2013*).

Termodinamikai modellek

Az előzőekben már említettünk egy termodinamikai fogalmat, az entrópiát, amely a termodinamika II. főtételéhez kapcsolódik. A systemsecology, a rendszerökológia „atyjának” H. T. Odumot tekintjük, aki az 1983-ban megjelent könyvében foglalta össze először az ökológiai modellezéssel kapcsolatos rendszerszemléletű kutatásait. Konkrét példákkal mutatta be az általa kidolgozott Energia Rendszer Nyelv használatát, amely az ökológiai rendszerekben végbemenő energiaáramok leírására alkalmas (*Odum 1983*). Ő javasolta először a termodinamika alkalmazását az ökológiai rendszerek leírásánál. Ez az elképzelés később számos követőre talált (*Jørgensen 2001; Jørgensen és Svirezhev 2004; Neményi 2009; Neményi és Milics 2009, 2010*). Ezeket összefoglalva azt lehet mondani, hogy a termodinamikai törvények alkalmazása a modellalkotásnál lehetőséget ad arra, hogy különböző szinteken, a molekuláristól egészen a makróig egységes természettudományos megközelítést alkalmazhassunk. *Odum (1994)*, „Ecological and General Systems, an introduction of systemsecology” című könyvének ismertetőjében azt olvashatjuk, hogy az Energia Rendszer Nyelv egyesíti az energetikát, a kinetikát, az információt, a kibernetikát és a szimulációt.

A természetes ökológiai rendszerek jellemzői:

Jørgensen (2012) 14 alapvető jellemzőt ad meg az ökológiai rendszerekre. Ezek közül ki kell emelni a növekedési formákat: a biomassza, a hálózat és az információ növekedését. Általánosságban elmondhatjuk, hogy az ökológia rendszerek komplexek (a hierarchikus felépítés valamennyi szintjén nagy a diverzitás), valamint adaptívak, alkalmazkodni tudnak a környezeti változásokhoz, a környezetükkel folyamatos energia, anyag és információ cserében állnak.

A diverzitás

A diverzitás mérésére többféle lehetőség van. Általánosságban használt a Shannon index, amely nem utal a rendszer dinamizmusára. Ugyanakkor a Shannon index továbbfejlesztésével, felhasználva Bayes tételét, lehetőség nyílik annak vizsgálatára is, hogy egy adott esemény vagy események (pl. egy adott faj egyedszáma) léte mellett egy másik esemény (egy másik faj egyedszáma) milyen valószínűséggel van jelen. $\{I(A; B) = \sum_{i,j} p(a_i, b_j) \log[p(a_i|b_j)/p(b_j)]\}$, $i, j=1, 2, 3, \dots$ (Hirata és Ulanowicz 1984; Ulanowicz 1986, 2002) Így már a két rendszer, a természetes- és agrárökológia kapcsolata is vizsgálható. Ugyanis nagyságrendű diverzitás különbséget, gradienst kell fenntartanunk, és nem mindegy, hogy ennek a megszüntetésére irányuló természetes folyamatok (pl. rezisztens egyedek létrejötte) milyen intenzitásúak.

Kihívások a fenntartható agrárökológia megvalósításához (az NymE Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetében folyó kutatások célja)

1. Hozzájárulni a növények növekedését és fejlődését leíró modellek fejlesztéséhez, különös tekintettel a nitrogén hasznosulásának javításához; 2. a különböző hozam-modellek adaptálása a precíziós, termőhely specifikus technológiákra; 3. a térinformatikai monitoring és detektálási rendszerek folyamatos javítása, pontosítása.

Ahhoz, hogy a már említett gradienseket fenn tudjuk tartani, technológiai energiát viszünk a rendszerbe, és ennek révén csökkentjük le a diverzitást, az entrópiát. A bevitt energia (közvetlen és közvetett) (Pimentel 1980) korlátját a Maximum Technológiai Energia Input (MTEI) adja, ez pedig az energia különbség függvény vizsgálatával határozható meg ($\partial (E_{\text{output}} - E_{\text{input}}) / \partial E_{\text{input}} = 0$) (Neményi 1983).

A nitrogén kihasználást javító, a talajvíz nitrifikációjának elkerülését célzó modellek nagy része ma már ugyancsak az Energia Rendszer Nyelv-et használja, amelynek gyakorlati kivitelezését a STELLA dinamikus rendszermodell teszi lehetővé. Ugyanakkor bármilyen rendszermodellünk van, az egyes független változók közötti összefüggéseket nekünk kell megadni, kísérletekkel meghatározni. **A precíziós, termőhely specifikus növénytermesztés** lényege, hogy a táblát bizonyos szempontok szerint homogén területegységekre osztjuk, és a tápanyagpótlást, adott esetben a talajművelést és a növényvédelmi eljárásokat is az adott területre tervezzük, ill. hajtjuk végre. (Neményi és mtsai. 2006, Németh és mtsai. 2007) Ennek többek között az az előnye, hogy a technológiai energia bevitel optimalizálására, a MTEI meghatározására a területi egységekre van lehetőség. Másrészről a növény növekedését és fejlődését leíró, ún. döntést támogató modellek is termőhely specifikusan alkalmazhatók. Vizsgálatainkat a DSSAT és a ProPlanta modellekkel végeztük. Akár a talajban lejátszódó kémiai folyamatok modellezéséről, akár a döntéstámogató modellekről van szó a talajok fizikai tulajdonságait, pl. a tömörödöttséget, ill. annak változását a nedvességtartalom függvényében, nem veszik kellő súllyal figyelembe. Ezért ezen a területen további intenzív kutatásokra van szükség (Nyéki és mtsai. 2013).

A térinformatika jelentősége a fenntarthatóság szempontjából a monitoring, ill. a szenzorálási területen domborodik ki. A felhasználási lehetőségek nagyon széleskörűek. A detektálási pontosság szempontjából a kártevők, kórokozók és a gyomok megjelenésének észlelését, és a beavatkozás azonnali megkezdésének a lehetőségét kell megemlíteni. Másrészről, a műholdakba, ill. a repülőgépekbe (helikopterekbe) szerelt érzékelők által nyújtott információk, adatbázisok pontosságát ellenőrizni kell talajközeli, ill. a talajban végzett vizsgálatokkal (Milics és mtsai. 2011a,b; Balla és mtsai. 2013; Milics 2013).

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetét fejezi ki a témában vele együtt dolgozó Dr. Milics Gábornak és Nyéki Anikó PhD hallgatónak, valamint a TÁMOP-4.2.1/B/-09/1/KONV-2010-0006, a TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018, a TÁMOP 4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0012 és a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0013 projekteknek a kutatási feltételek biztosításáért.

Irodalom

- Balla, I., Milics, G.; Deákvári, J.; Fenyvesi, L.; Smuk, N.; Neményi, M.; Jolánkai, M. (2013) Connection between soil moisture content and electrical conductivity in a precision farming field. *Acta Agronomica Óváriensis. University of West Hungary Press*. Vol. 55, No 2, pp. 21-32.
- Bittman, S.; Hunt, D. E.; Shaffer, M. J. (2001) NLOS (NLEAP ON STELLA) – A Nitrogen Cycling Model with a Graphical Interface: Implications for Model Developers and Users. In: M. J. Shaffer et al. (Eds.). *Modeling Carbon and Nitrogen Dynamics for Soil Management*. Lewis Publishers, *CRC Press LLC*, 283-402.
- Hirata, H-Ulanowicz R.E. (1984) Information theoretical analysis of ecological networks. *Int. J. Systems Sci.*, Vol.15, No.3, pp. 261-270.
- Jørgensen, S.E. (Ed., 2001) *Thermodynamics and ecological modeling. CRC Press LLC*.
- Jørgensen, S.E. -Svirzhev Y.M. (2004) *Towards a Thermodynamic Theory for Ecological Systems. Elsevier Ltd.*
- Jørgensen, S.E. (2012) *Introduction to Systems Ecology. Taylor & Francis Group, LLC*
- Láng I. (2008) A Brundtland Bizottság és a fenntartható fejlődés. *Egyenlítő*. 11, 23.
- Margulis, Lynn (1998) *Symbiotic Planet. Weidenfeld & Nicolson, London*, p.119.
- Milics G.; Balla I. Deákvári J.; Fenyvesi L.; Jolánkai M.; Nagy V.; Stekauerová V.; Neményi M. (2011a) Soil moisture and soil electrical conductivity measurements in precision farming. 19th International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day. Szlovákia. Pozsony, 2011. nov. 10. *Akadémiai Kiadó*. pp. 492-501.
- Milics G.; Deákvári J.; Buraí P.; Lénárt Cs.; Balla I.; Csiba M.; Farouk M.; Virág I.; Nagy V.; Neményi M. (2011b) Application of hyperspectral imaging in precision crop production and soil management. Pollution and water resources. *Columbia University Seminar Proceedings* (szerk.: George J. Halasi-Kun) Vol. XL. 2010-2011., pp. 139-149.
- Milics G. (2013) Mapping soil properties for precision farming. 12 th Alps-Adria Scientific Workshop, Opatija, Doberdó, Venezia – Croatia – Italy 2013. *Növénytermelés*.
- Mikéné Hegedüs F. (2006) A fuzzy logika és a neurális hálók alkalmazása a precíziós növénytermelés adatbázisainak értékelésében. PhD értekezés. NymE, MÉK, Mosonmagyaróvár.
- Morowitz, H. J. (1968) *Energy Flow in Biology. Academic Press*, New York, p.3.
- Németh T.; Neményi M.; Harnos Zs. (2007) A precíziós mezőgazdaság módszertana. *JATEPress*, Szeged.
- Neményi M. (1983) A kukoricatermesztés energia mérlege, különös tekintettel a szemtermés mesterséges szárításának felhasználását befolyásoló tényezőkre. Kandidátusi értekezés. MTA.
- Neményi M.; Mesterházi P. A.; Milics G. (2006) An Application of Tillage Forces Mapping as a Cropping Management Tool. *Biosystems Engineering*. 94, 3, 351–357.
- Neményi, M. (2009) The maximum technological energy input principle in the plant production. *Hungarian Agricultural Engineering*. No. 22/2009. pp. 74-76.
- Neményi, M.; Milics, G. (2009) Thermodynamic modeling of agro-ecological systems especially regarding the cost and efficiency of the technological energy input. 10th IAEE European Conference. Energy, Policies and Technologies for Sustainable Economies, Vienna, September 9-10, 2009. pp. 37-38. Conference Proceedings.
- Neményi M.; Milics G. (2010) Optimization of Biomass Production by Thermodynamic Approach. Conference Proceedings. International Conference on Agricultural Engineering. Clermont-Ferrand, France, 6–8 September, 1–7.
- Neményi M. (2013) Hozzászólás Láng István és Kerekes Sándor Megalakult a túlélés szellemi kör című írásához. *Magyar Tudomány*, pp. 326-329.

- Nyéki, A. ; Milics, G. ; Kovács, A. J. ; Neményi, M. (2013) Improving yield advisory models for precision agriculture with special regards to soil compaction in maize production. In: Stafford, J. V. (Ed., 2013): Precision Agriculture' 13. European Conference on Precision Agriculture, Lleida, Catalonia (Spain) 7-11, July 2013. *Wageningen Academic Publishers*, pp. 443-450.
- Odum, H.T. (1983) Systems ecology. *John Wiley and Sons*.
- Odum, H. T. (1994) Ecological and general systems: an introduction to systems ecology. *University Press of Colorado*.
- Pimentel, D. (1980) Handbook of energy utilization in agriculture. *CRC Press, Inc*.
- Shaffer, M. J.; Halvorson, A. D.; Pierce, F. J. (1991) Nitrate leaching and economics analysis package (NLEAP): model description and application. In R. F. Follett et al. (Eds.). Managing Nitrogen for Groundwater and Farm Profitability. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, pp. 285-322.
- Ulanowicz, R.E. (1986) Growth and Development. *Springer Verlag*.
- Ulanowicz, R.E. (2002) Information Theory in Ecology. *Computers and Chemistry*.25, pp. 393-399.

HAGYOMÁNYOS ÉS BIOTECHNOLÓGIAI ELJÁRÁSOK ÖTVÖZÉSE A KESZTHELYI BURGONYANEMESÍTÉSI PROGRAMBAN

POLGÁR ZSOLT¹, WOLF ISTVÁN¹, RAHIM AHMADVAND^{2,3}, CERNÁK ISTVÁN¹

¹*Pannon Egyetem, Agrártudományi Centrum
Burgonyakutatási Központ
8360 Keszthely, Deák F. 16.
polg-zs@georgikon.hu*

²*Pannon Egyetem, Georgikon Kar
Növénytudományi és Biotechnológiai Tanszék
8360 Keszthely, Fesztetics u. 7.*

³*Department Vegetable Research
Seed and PlantImprovement Institute (SPII), MahdashtAve.
3185 P.O.Box 4119, Karaj, IRAN*

A burgonya sikeres termesztését számos kórokozó és kártevő nehezíti. Az összetett ellenálló-képességgel rendelkező fajták előállítását célzó nemesítési programunkban évek óta sikeresen kombináljuk egymással a keresztezési populációk provokációs rezisztencia vizsgálatán alapuló minősítését az egyes rezisztencia tulajdonságokhoz rendelt molekuláris markerekre alapozott szelekcióval. Szántóföldi körülmények között vizsgáljuk a nemesítési vonalak agronómia jellemzőit, termőképességét és minőségét, valamint az általános kórtani ellenálló képességet, különös tekintettel a virológiai leromlásra és a fitoftóra rezisztenciára. A vonalak legfontosabb kórokozókkal szembeni ellenálló képességét (burgonya Y, levélsodródás és X vírus, fitoftóra, burgonya rák és fonálféreg) provokációs szabadföldi és üvegházi tesztekben is minősítjük. A burgonya Y vírus rezisztenciagén nyomon követésére saját markereket fejlesztettünk, míg a burgonya X vírus és burgonya fonálféreg rezisztenciagének szelekciójához publikált markereket adaptáltunk saját körülményeinkhez.

Bevezetés

A burgonya világviszonylatban az egyik legfontosabb élelmisznövényünk. Sikeres termesztését a kórokozók változékonyságából, a globalizált kereskedelemről és az éghajlatváltozásból eredően egyre több biotikus és abiotikus stressz tényező nehezíti (kórokozók és kártevők, aszály és hőstressz, stb.). Az ellenük való leghatékonyabb védekezési lehetőség a rezisztens fajták kinemesítése és termesztésbevonása (*Vayda 1994, Salazar 1996, Forbs 1998*).

A keszthelyi Burgonyakutatási Központ (BKK) évtizedek óta folytatja azt hagyományos, ivaros keresztezésen alapuló nemesítési programot, amelynek célja olyan összetett biotikus és abiotikus stresszekkel szemben ellenálló, kiváló termőképességű és minőségű fajták előállítása, melyek a hazai ökológiai körülményekhez jól alkalmazkodnak (*Polgár 2012*).

A burgonya kórokozói közül a legnagyobb gazdasági jelentőséggel a burgonya Y vírus (PVY) és a *Phytophthora infestans* rendelkezik. Mellettük célszerű, ha az újabb fajták rezisztenciával rendelkeznek az önállóan kisebb, de kombinált fertőzésben súlyos tüneteket okozó burgonya X vírus (PVX), a szintén súlyos leromlást okozó burgonya levélsodródás vírus (PLRV), valamint a külföldi természetességet alapvetően meghatározó, nálunk karatén kórokozó burgonya fonálféreg (*Globoderarostochiensis*) és burgonyarák

(*Synchytriumendobioticum*) fertőzésével szemben is. Az abiotikus stresszek közül legfontosabb a fajták aszály és hőstressz tűrő képessége, különösen az egyenetlen vízellátásra adott válaszreakció (gumómeret és alakstabilitás, repedésre, üregesedésre való hajlam, stb.).

Megbízható rezisztenciavizsgálatokra alapozottan lehetőség van olyan összetett rezisztenciájú szülőpartnerek kinemesítésére melyeket fogékony, de javító minőséget örökítő szülőkkel keresztezve hatékonyan használhatunk fel új, egyedi tulajdonságokkal rendelkező fajták előállítására. Jelen esetben nemesítési programunk tervezhetőségének és áteresztőképességének növelése érdekében végzett hagyományos és biotechnológiai módszerekre alapuló, szülőpartner előállító munkánk legújabb eredményeiről számolunk be.

Anyagok és módszerek

Kísérleteinket a Pannon Egyetem, BKK-ban és a Növénytudományi és Biotechnológia Tanszéken végeztük, Keszthelyen. A vizsgálatokban használt növényanyag, fajták, fajtajelöltek, szülőpartnerek, illetve magoncok a BKK nemesítési programjából, és génbanki gyűjteményéből származnak.

Fitoftóra rezisztencia vizsgálatok, 2011:

Összesen 14 szülőpartnert/fajtajelöltet és 8 kontrol fajtát vizsgáltunk, 4 ismétléses, 5 töves, öntözött provokációs szabadföldi kísérletben. A parcellák közé puffer sorként a lombfitoftórára közepesen fogékony Luca XL fajtát ültettük. A vizsgálandó vonalakat az egyes rezisztenciaszinteket reprezentáló kontrol fajtákhoz viszonyítottuk. A hetente végzett felvételezéseken a növények lombfertőzöttségét százalékosan határoztuk meg. A betegség előrehaladásának mértékét AUDPC (Area Under Disease Progress Curve) értékkel, a genotípusok összehasonlítását az RAUDPC (Relative AUDPC) értékkel határoztuk meg. A lombfertőzöttség adatainak statisztikai értékelését varianciaanalízissel végeztük.

Burgonyarák és fonálféreg rezisztencia vizsgálatok 2011, 2012:

E két kórokozó rezisztenciavizsgálatát a lengyelországi Plant Breeding and Acclimatisation Institute, Blonie karantén laboratóriuma végezte el számunkra. A burgonyarák esetében az EPPO Szabvány PM 7/28, a burgonya fonálféreg esetében a PM 7/40 előírásai alapján, 59, illetve 63 szülőpartnerrel/fajtajelölt esetében.

Burgonya fonálféreg rezisztens vonalak azonosításának ellenőrzése marker alapú szelekcióval, 2013:

A lengyel karantén laboratórium által 2011 és 2012-ben vizsgált nemesítési vonalakkal, valamint Biryukova és munkatársai (2008) által publikált, a H1 fonálféreg rezisztencia génnel kapcsolt TG689 allél specifikus marker saját körülményeink közé való adaptálásával elvégeztük a két típusú rezisztenciavizsgálat eredményeinek egybevetését. A vizsgálatokhoz szükséges DNS-t *Walbot és Warren (1988)* által leírt eljárással izoláltuk, a PCR reakciót pedig *Biryukova és mtsai (2008)* leírása alapján végeztük. A PCR során keletkezett termékeket 1,5% -os agaróz gélen választottuk szét.

Burgonya Y és X vírus rezisztens magoncok azonosítása marker alapú szelekcióval, 2013:

A *S. stoloniferum* eredetű Rysto rezisztenciagén magonc növényekben való azonosítására a gödöllői Mg-i Biotechnológiai Központtal közösen kifejlesztett ST1 markert használtuk (*Cernák és mtsai. 2013*). A *S. acaule* eredetű RX 2 gén azonosítására szintén egy saját fejlesztésű markert a 106Rx2 használtuk (*Ahmadvand et al. 2012*). A marker alapú szelekció során az ST1 markerrel négy keresztezés [01.607 x (Lady Rosetta x S440); WL x W870;

WL x 97.1011; WL x Latona]174 F1 genotípusát vizsgálatuk, míg a 106Rx2 markerrel a Luca XL x W1100 keresztezésből származó 96 F1 genotípust jellemeztünk.

Eredmények és következtetések

Fitoftóra rezisztencia vizsgálatok:

A vizsgálatban kizárólag a Sarpo Mira kontrollfajta (rezisztencia szint 9) nem mutatott fertőzöttséget egyik felvételezési időpontban sem. A fajtajelöltek közül a 07.258 és 06.325 jelű tűnt ki fogékonyságával, míg a 06.62 és 06.80 valamennyi felvételezési időpontban magas szintű rezisztenciát mutatott. Rezisztenciaszintjük a két keszthelyi kontrol (Vénusz Gold, 8 és White Lady, 7) közé tehető (1. táblázat).

Burgonyarák és fonálféreg rezisztencia vizsgálatok:

A vizsgált 59 genotípus közül 23 teljes rezisztenciát mutatott a *S. endobioticum*D1 patotípusának fertőzésével szemben, további 4 vonalat közepesen ellenállónak azonosítottunk. A *G. rostochiensis* esetében 63/29 vonal volt a teljes rezisztenciát mutató vonalak aránya a kórokozó Ro1 patotípusával szemben. További öt vonal közepesen ellenállt a fertőzésnek.

Burgonya fonálféreg rezisztens vonalak azonosításának ellenőrzése marker alapú szelekcióval, 2013:

Munkánk során a TG689 marker szelekciós alkalmazásának megállapításához, annak jelenlétét vagy hiányát vizsgáltuk a Lengyelországban hagyományos rezisztencia vizsgálatnál már fenotipizált szülőpartnerekben/nemesítési vonalakban. Eredményeink azt mutatták, hogy a marker megbízhatóan működik a keszthelyi nemesítési anyagokban. Mindössze 2 rekombináns egyedet azonosítottunk, melyekben ugyan a markert nem tudtuk azonosítani, a hagyományos tesztek során mégis rezisztenciát mutattak a fonálféreggel szemben. Mivel a használt marker a rezisztencia gén egy részét reprezentálja, feltételezzük, hogy ezen genotípusokban nem rekombináció történt, hanem a hagyományos rezisztencia tesztek során nem fertőződött meg, az amúgy fogékony genotípus.

Burgonya Y és X vírus rezisztens magoncok azonosítása marker alapú szelekcióval, 2013:

Korábbi vizsgálatainkból kiderült, hogy az általunk fejlesztett, a Rysto génnel kapcsolt ST1 marker megbízhatóan működik a keszthelyi nemesítési anyagokban. A továbbiakban a marker alapú szelekciót már a gyakorlati nemesítésben alkalmazva négy keresztezés összesen 174 F1 egyedében vizsgáltuk a marker jelenlétét. A szelekció során mind a négy keresztezésben a várt 1:1 rezisztens:fogékony hasadási arányt kaptuk. A fogékony egyedeket a további nemesítési programból kizártuk, így a következő évben csak a rezisztenciagénhez kapcsolt markert hordozó egyedeket ültettük ki szántóföldre. A marker, és a gén közötti genetikai távolság miatt előfordulhat, hogy néhány genotípust tévesen azonosítunk, ezek a fogékony egyedek azonban a következő évben a szántóföldön, természetes vírus fertőzés hatására a tünetek alapján könnyen azonosíthatók.

A Luca XL és W1100 keresztezés 96 F1 genotípusának molekuláris vizsgálata, teljesen azonos eredményt mutatott az ELISA vizsgálatok eredményeivel. A munkánk során 54 rezisztens és 42 fogékony egyedet különítettünk el, amely 1:1 hasadási arálynak felel meg. A fenotípus és genotípus 100%-os egyezősége nem meglepő, hiszen - hasonlóan a H1 génnel kapcsolt TG689 markerhez - a 106x2 marker is magát a rezisztenciagént azonosítja.

1. táblázat. Egyes fajtajelöltek lombfityóóra fertőzöttsége a kontroll fajtákhoz viszonyítva

Fajtajelölt/ Kontroll	Lombfertőzöttség %					AUDPC	RAUDPC
	július 18.	július 26.	augusztus 1.	augusztus 9.	augusztus 22.		
06.62	0,38	0,50	0,75	1,50	5,25	60,53	0,03
06.80	0,05	0,05	0,05	0,28	7,75	52,20	0,02
06.325	1,53	12,63	28,88	52,50	100,00	1499,17	0,67
07.258	2,65	35,50	57,50	87,50	100,00	2233,00	1,00
Vénusz Gold	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	3,45	0,002
White Lady	0,08	0,20	0,43	2,25	23,75	182,81	0,08
Mira	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eersteling	0,75	5,00	6,25	20,00	86,25	853,13	0,38
SzD5%	1,07	9,3	17	20,72	23,83		

A vizsgálatainkban szereplő szülőpartnerek és fajtajelöltek agronómiai tulajdonságaikat nézve több éves előszűrésen estek át. Az elvégzett rezisztenciavizsgálatok ezeket kiegészítve alkalmasak voltak komplex nemesítési és fajtaértékük megállapítására. Több olyan vonalat is azonosítottunk, melyek összetett kórtani rezisztenciával és kiváló agronómiai jellemzőkkel rendelkeznek. A nemesítési program korai, magonc stádium végzett markerekre alapozott szelekció növeli a program áteresztő képességét. A több évet igénylő agronómiai vizsgálatokat kevesebb, már csak az összetett rezisztenciát mutató vonalakon kell elvégezni.

Köszönetnyilvánítás

A munkát az OTKA (K79185) és az NKTH TECH-09-A3-2009-0210 pályázata, Cernák Istvánt a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta.

Irodalom

- Ahmadvand R., Taller J., Wolf I., Polgár Z. (2012). Identification of the resistance gene PVX in Hungarian potato cultivars. **54. Georgikon Tudományos Napok**, Október, 11-12.
- Biryukova V. A., Zhuravlev A. A., Abrosimova S. B., Kostina L. I., Khromova L. M., Shmyglya I. V., Morozova N. N., Kirsanova S. N. (2008) Use of Molecular Markers of Potato Golden Nematode Resistance Genes *H1* and *GRO1* **Russ. Agr. Sci.**, 34(6): 365–368.
- Cernák I., Vaszily Zs., Wolf I., Taller J., Korom E., Bánfalvi Zs., Polgár Zs. (2013) Molekuláris markerek használata a burgonyanemesítés gyakorlatában. **XIX. Növénynemesítési Tudományos Nap Összefoglalók** 55.
- Forbs G. A. (1999): Genotype by environmental reaction of potato to the late blight pathogen. **CIP Progress Report** 1997-1998, 57-66.
- Polgár Zsolt (2012): A hazai burgonyanemesítés helyzete, legújabb eredményei. **XVIII. Növénynemesítési Tudományos Napok**, Budapest, 2012 március 6., Összefoglalók: 13. o. ISBN 978-963-8351-38-8
- Salazar, L. F. (1996): **Potato viruses and their control**. International Potato Center, Lima, ISBN 92-9060-184-1.
- Vayda M. E. (1994): Environmental stress and its impact on potato yield. In: Bradshaw, J. E., and G. R. Mackay (ed) **Potato Genetics**, CABI, Wallingford, 239-261.
- Walbot V., Warren C. (1988) Regulation of Mu element copy number in maize lines with an active or inactive Mutator transposable element system. **Mol. Gen. Genet.** 211:27-34.

BIOTIKUS STRESSZVÁLASZ-GÉNEK VIZSGÁLATA A BURGONYÁBAN

TALLER JÁNOS¹, RAHIM AHMADVAND¹, ANTAR EL-BANNA¹, RAMIN HAJIANFAR¹,
CERNÁK ISTVÁN², WOLF ISTVÁN², POLGÁR ZSOLT²

¹Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Növénytudományi és Biotechnológiai Tanszék
8360 Keszthely, Festetics u. 7.
taller@georgikon.hu

²Pannon Egyetem, Burgonyakutatói Központ
8360 Keszthely, Festetics u. 7.

A burgonya rezisztencianemesítésben hatékonyan alkalmazható molekuláris eszközök fejlesztése céljából génexpressziós vizsgálatokat folytattunk egy keszthelyi nemesítésű, komplex rezisztenciával rendelkező fajtán, a White Lady-n. Vizsgálataink során egy PVX és egy PVY vírusfertőzéssel indukált szubtraktált cDNS klóntárat hoztunk létre és elemeztünk. A PVX, PVY és fitoftóra fertőzésre bekövetkező génexpressziós változásokat vizsgáltuk NGS eljárással generált, több mint 38 000 gént tartalmazó teljes transzkriptom adatbázis elemzésével. Rezisztenciagéneket azonosítottunk, valamint rezisztenciagén-homológok vizsgálatát végeztük qPCR-rel. Izoláltunk egy cisztein protein kináz gént, melynek Agrobaktérium által közvetített tranziens expressziós vizsgálata arra utal, hogy meghatározó szerepe lehet a fitoftóra rezisztenciában. Igazoltuk az NGS alapú intron-targeting markerek hatékonyságát a géntérképezésben, valamint a *Solanum* fajok közötti polimorfizmus detektálásban. Multiplex PCR eljárást fejlesztettünk ki PVX extrém rezisztenciagének egyetlen reakcióban történő párhuzamos detektálására.

Bevezetés

A burgonya kozmopolita növény, a trópustól a sarkkörökig különféle klimatikus viszonyok között termesztendő. A FAOSTAT felmérése szerint (<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>) a rizs és a búza után a harmadik legfontosabb élelmiszer-növény a világban. A burgonya jelentőségét előnyös beltartalmi értékei mellett növeli az egységnyi területről betakarítható nagy terméshozam, ami az említett felmérésben 19,1 t/ha volt 2012-ben. Ugyanakkor a burgonya terméshozamát számos biotikus tényező veszélyezteti, melyek intenzív kémiai védekezést tehetnek szükségessé. A terméshozam erősítése mellett a növényvédelmi költségek csökkenthetőek az adott klimatikus viszonyok között előforduló kórokozókkal szemben rezisztens fajták termesztése esetén. A termesztett burgonyával keresztezhető gumóhozó vad burgonyafajok a kórokozók széles skálájával szemben tartalmaznak rezisztenciagéneket, melyek közül számos beépítésre került nemesítési vonalakba, illetve fajtákba. E tekintetben kiemelkedik a Pannon Egyetem, Burgonyakutatói Központja (Keszthely), ahol több mint ötven éve indult a burgonya rezisztencianemesítése. A nemesítési munka eredményét tucatnyi, komplex rezisztenciával rendelkező, kiváló minőségű fajta igazolja. Egyebek mellett a keszthelyi nemesítési anyagokban meglévő rezisztenciák védeltséget biztosítanak az éghajlati viszonyaink között előforduló jelentősebb vírusokkal, így a PVX és PVY vírussal szemben, valamint magas toleranciát a fitoftórával (*Phytophthora infestans*) szemben. A fitoftóra és a PVY vírus világszerte a burgonya két legjelentősebb kórokozójának minősül.

A Burgonyakutatói Központtal szoros együttműködésben végzett kutatásaink célja a keszthelyi nemesítési anyagokban előforduló, biotikus stressz-rezisztenciaforrások molekuláris feltárása, majd a feltárt ismeretek alapján a rezisztencianemesítés hatékonyságát növelő eljárások kifejlesztése. Az alábbiakban a kutatási megközelítéseinken túl, a PVX extrém rezisztencia és a fitoftóra tolerancia terén elért eredményeinket mutatjuk be.

Anyagok és módszerek

Vizsgálatainkhoz a PVX és PVY vírusokkal szemben extrém rezisztenciával, a fitoftórával szemben pedig nagyfokú toleranciával rendelkező, keszthelyi nemesítésű White Lady fajtát választottuk. Növényanyagként felhasználtuk még a Burgonyakutatási Központ in vitro géngyűjteményében megtalálható, ismert rezisztenciájú fajtákat, nemesítési vonalakat, illetve hasadó populációkat, valamint vad *Solanum* fajokat [sect. *Solanum* 6 faj (di-, tetra-, hexaploid), sect. *Archaeosolanum* 5 faj (rendellenes aneuploidok), *S. nigrum* (hexaploid)].

A PVX fertőzéshez az *Ny* izolátumot (Salamon Pál gyűjtése), a PVY fertőzéshez a *D10* izolátumot (Wolf István gyűjtése), a fitoftóra fertőzésekhez a *H12/10* és a *WL* izolátumot használtuk.

A DNS tisztításokat *Walbot és Warren (1988)* eljárása alapján végeztük. Az RNS tisztításokat RNazol-lal (MRC, USA) végeztük a gyártó útmutatásai szerint.

A szubtraktív hibridizációt a PCR-select™ cDNA subtraction Kit-tel (Clontech, USA) hajtottuk végre a gyártó útmutatásai szerint.

A PVX, PVY, és fitoftóra fertőzés korai stádiumában bekövetkező génextpressziós változások nyomon követéséhez a következő generációs szekvenálást (NGS – next generation sequencing) a Baygen Intézet munkatársai végezték el a megrendelésünkre egy 5500xl SOLiD (lifeTechnologies, USA) készüléken. A transzkriptom adatbázis összeállítása a CLC Genomics Workbench 4.8 szoftverrel történt. Referenciagenomnak a nyilvános burgonyagenom szekvenciát használtuk, mely a duplikált monoplóid *S. tuberosum* group *Phureja* DM1-3 5116R44 genotípusból készült.

A primerek tervezését a Primer 3 (v. 0.4.0) programmal (*Rozen és Skaletsky 2000*) és az NCBI (National Center for Biotechnology Information, USA) primer blast programcsomagjával végeztük.

A PCR reakciókat Eppendorf Mastercycler ep384 (Eppendorf, Németország) készülékkel végeztük, PCR Dream Taq polimeráz (Fermentas, Litvánia) felhasználásával. A PCR termékeket 1,5%-os agaróz gélben történő elektroforézis után etidium-bromiddal festettük, majd GenGenius (SynGene, Nagy-Britannia) készülékkel dokumentáltuk.

A molekuláris klónozásokat GeneJET Plazmid MiniPrep Kit-tel (Fermentas, Litvánia), DH5α *E. coli* sejtek felhasználásával végeztük.

A kapilláris szekvenálásokat ABI310 (lifeTechnologies, USA) készülékkel hajtottuk végre, BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing kit felhasználásával.

Hasonlóság vizsgálatokat és szekvencia-kereséseket az NCBI adatbázisban és a SOL Genomics Networks adatbázisban végeztünk.

Szekvencia illesztésekhez a MEGA 5.2 szoftvert használtuk.

Agrobaktérium által közvetített transziens expressziós eljáráshoz az antiszensz génkonstrukciót pHANNIBAL-pKANNIBAL, pCAMBIA, és pJET vektorok segítségével állítottuk össze. A növényi transzformációhoz a génkonstrukciókat PBI 121 plazmidba építettük. Az expressziót a CaMV 35S promóterrel vezéreltettük. Szelekcióra kanamycin és ampicillin rezisztenciagéneket alkalmaztunk. Markergénnek a GUS (β-glukuronidáz) gént használtuk.

Génextpresszió vizsgálatához StepOne rt-PCR készüléket, High Capacity Reverse Transcription kit-et, és Power Sybr Mix kit-et (lifeTechnologies, USA) használtunk.

Eredmények és következtetések

Kutatásaink gyakorlati célja a burgonyanemesítésben hatékonyan alkalmazható molekuláris eszközök fejlesztése. Korábban marker-detektálásra, valamint a szakirodalomban közölt markerek adaptálására fókuszáltunk, azonban e megközelítések eredményei elmaradtak a várakozásoktól. Ennek egyik oka, hogy kísérleti anyagainkban a burgonyára jellemző beltenyésztéses leromlás elkerülése miatt szükséges a magas szintű heterozigótáság fenntartása, ami tekintettel a rekombinációra megnehezíti a markerek kereszthasználatát a különböző genetikai háttérből származó anyagok között. A másik ok a termesztett burgonya tetraplóid volta. Vizsgálatainkat tetraplóid növényanyagokon végeztük, míg a szakirodalomban közölt markerek jelentős része diplóid anyagokon lett kifejlesztve.

A fentiek, és új technológiai lehetőségek megjelenése miatt úgy gondoljuk, hogy kutatási céljaink szempontjából hatékonyabbak lehetnek a génexpressziós megközelítések.

Ezért az egyik megközelítésben egy PVX, valamint egy PVY fertőzéssel indukált cDNS klóntárat hoztunk létre a White Lady fajtából ún. szubtraktív hibridizációval, azaz elméletileg a klóntárak csak a fertőzések hatására kifejeződő gének szekvenciáit tartalmazzák. A PVX indukált szubtraktált cDNS klóntár 62 szekvenált klónjából a kontig építés után 28 különböző EST-t (expressed sequenced tag) kaptunk, melyek közül 14 ismert funkciójú génekkel, míg 13 ismeretlen funkciójú génekkel mutatott hasonlóságot, és egy szekvencia új génnek minősült. A PVY indukált szubtraktált cDNS klóntár 69 szekvenált klónjából a kontig építés után 35 különböző EST-t kaptunk, melyek közül 12 ismert funkciójú génekkel, míg 10 ismeretlen funkciójú génekkel mutatott hasonlóságot, és 13 szekvencia új génnek minősült. A két szubtraktált cDNS klóntár vizsgált EST-i között 5 azonos terméket detektáltunk. A további vizsgálatok szempontjából érdekes EST-k teljes cDNS-ének izolálásához két cDNS klóntárat hozunk létre ugyanabból az RNS mintából kiindulva, mint amelyeken a szubtraktálásokat elvégeztük. Feltételezzük, hogy az itt vizsgált szekvenciák között értékes stressz-válasz gének is reprezentálva vannak. Ennek igazolásához elvégezzük e gének izolálását és funkcionális vizsgálatát.

Egy másik megközelítésben a White Lady PVX, PVY és fitoftóra fertőzésre a fertőzés korai stádiumában bekövetkező génexpresszió változásainak feltérképezéséhez teljes transzkriptom vizsgálatot végeztünk. A vizsgálat adatait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A White Lady fajta PVX, PVY és fitoftóra fertőzésre bekövetkező génexpressziós változásainak összefoglaló adatai

	Kezelt minta	Kontroll
Leolvasások száma	12 060 751	9 861 651
Felhasznált leolvasások száma	4 604 328	4 482 928
Transzkriptomok száma	38 675	37 927
Kópiaszám növekedést mutató gén	8 466	-
Kópiaszám csökkenést mutató gén	4 670	-
Ismeretlen, megnövekedett kópiaszámú gén	2 600	-
Ismeretlen, csökkent kópiaszámú gén	1 535	-
Fertőzés-válasz specifikus gén	748	-
NBS-LRR típusú gén	141	139

Vizsgálataink szempontjából különösen a 748, csak a fertőzött mintában kifejeződő gén, és azokon belül is a rezisztenciagénekre jellemző NBS-LRR motívumokat tartalmazó 141 gén lehet érdekes, mely utóbbiak közül 13 Toll Interleukin-like receptor (TIR) típusú, 50 pedig Coiled-coil (CC) típusú transzkriptom.

Transzkriptom vizsgálati eredményeink arra utalnak, hogy a külön-külön növényeken elvégzett PVX, PVY, illetve fitoftóra fertőzés átfogó génexpressziós változásokat indukál a három kórokozóra rezisztens White Lady fajtában. Természetesen a költséghatékonysági okokból a három kezeléssel származó RNS minta egyetlen reakcióban végzett második generációs szekvenálását szerencsés lenne külön-külön is elvégezni, hogy pontos képet kapjunk az egyes kórokozók által előidézett hatásokról. Ennek ellenére a generált transzkriptom (TC) adatbázis értékes információkat hordoz, és hatékony eszköznek gondoljuk funkcionális és géntérképezési vizsgálatokhoz.

Míg a White Lady fajta PVX és PVY extrém rezisztenciája monogénes tulajdonságok, addig fitoftóra toleranciájának genetikai háttere nem volt tisztázott. A transzkriptom adatbázis elemzésével kimutattuk, hogy a White Lady tartalmazza a nemesítők körében leggyakrabban használt *S. demissum* eredetű 11 fitoftóra rezisztenciagén (R1-11 gének) közül az R1, R2, R3a és R3b géneket, valamint számos, e génekkel, - nagyobb számban az R1-el - homológ

szekvenciákat. Fertőzési tesztjeink arra utalnak, hogy a White Lady az R5 gént tartalmazza, mely egyelőre még nem került izolálásra. Feltételezzük, hogy a TC adatbázisban az R5 gén reprezentálva van, ezért az R génhomológok kifejeződését a fertőzés különböző stádiumaiban jelenleg qPCR-rel vizsgáljuk.

A TC adatbázisban beazonosítottuk azon transzkriptomokat, melyek a szubtraktált cDNS klóntárakban is előfordultak. Ezek közül hetet választottunk ki funkcionális vizsgálatra. A PVY indukált szubtraktált cDNS klóntárból származó egyik szekvencia, egy cisztein protein kináz típusú gén teljes szekvenciáját tartalmazta a TC adatbázis. E gén, - melyet CBL-nek neveztünk el, - antiszensz konstrukciójával Agrobaktérium által közvetített tranziens expressziós vizsgálatot végeztünk. Érdekes módon a tranziens expresszió által érintett területen a White Lady levél a fitoftórával szemben vált fogékonnyá (1. ábra), azonban a PVY vírussal szemben fogékonyságra utaló tüneteket nem tapasztaltunk. A gén antiszensz és RNAi (~500 nukleotid) konstrukciójával genetikai módosítást hajtottunk végre a White Lady, hogy a regenerálódó növényeken a gén tényleges funkcióját vizsgálhassuk.



1. ábra. A CBL gén inaktiválásának hatása a baloldali levélen, melyen a fitoftóra WL1 izolátuma elszaporodott. A jobboldali levél a kontroll, mely ugyanazt a kezelést kapta, mint a baloldali levél, kivéve, hogy a fitoftóra izolátumot kihagytuk a fertőzési eljárásból

A TC adatbázis térképezési hatékonyságának elemzéséhez 250, biotikus stressz-válasz génekkel hasonlóságot mutató annotált transzkriptomot választottunk ki. Ezek közül az nyilvános adatbázisok alapján 144 TC tartalmazott intront. Az intron polimorfizmus detektálására ún. intron-targeting primereket terveztünk az intronokat határoló konzervált exonokra. Negyven lókuszt polimorfizmusát kísérletesen is vizsgáltuk hasadó populációkban, 24 különböző genetikai háttérű burgonya fajtában, valamint vad *Solanum* fajokban. A 40 vizsgált lókuszból 17-ben találtunk agaróz gélen detektálható hosszpolimorfizmust, melyekkel a 12 burgonyakromoszómából 11-et sikerült azonosítanunk. A vad *Solanum* fajokon, ugyanezen lókuszból 23 bizonyult polimorfnek, ami a burgonyában fejlesztett intron-targeting markerek fajok közötti kereszthasználatának hatékonyságára enged következtetni.

A PVX extrém rezisztencia vonatkozásában megállapítottuk, hogy a keszthelyi nemesítési anyagokban a rezisztenciát a *S. acaule* eredetű, és a burgonya V. kromoszómáján lokalizált *Rx2* gén biztosítja. Egyúttal egy multiplex PCR eljárást fejlesztettünk ki az *Rx2* gén és a vele 98%-ban azonos szekvenciájú, de *S. andigena* eredetű, és a XII. kromoszómán található *Rx1* PVX extrém rezisztencia gén egyidejű detektálására.

Köszönetnyilvánítás

A munkát az OTKA (K76485) pályázat támogatta.

Irodalom

- Rozen S., Skaletsky H. (2000). Primer3 on the WWW for general users and for biologist programmers. In *Bioinformatics Methods and Protocols: Methods Molecular biology* (S. Krawetz and S. Misener, eds.), 132: 365-386. Humana Press, Totowa.
- Walbot V., Warren, C. (1988). Regulation of Mu element copy number in maize lines with an active or inactive Mutator transposable element system. *Molecular and General Genetics* 211: 27-34.

A SZIMULÁLT ASZÁLY HATÁSAI AZ ŐSZI BÚZA PRODUKCIÓJÁRA ÉS VÍZFORGALMÁRA

VARGA BALÁZS, VEISZ OTTÓ

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Kalászos Gabona Rezisztencia Nemesítési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
varga.balazs@agrar.mta.hu

Az MTA Agrártudományi Kutatóközpont kísérleti üvegházában 5 őszi búzafajta biomassa és terméskomponenseinek alakulása mellett a vízfelvétel dinamikáját és vízhasznosítás hatékonyságát vizsgáltuk. Négy kezelésben, az optimális vízellátás mellett a szárbainduláskor, a kalászoláskor, valamint a szemtelítődéskor alkalmazott vízmegvonással szimuláltunk aszályhelyzeteket. A transpiráció produktivitását (WUE) az egységnyi víz felhasználásával előállított termésmennyiséggel jellemeztük. A szárbainduláskori stressz hatására a hosszú tenyészidejű fajták vízfelvétele kismértékben visszaesett (2,2-9,8%-kal), míg a rövid tenyészidejű fajtáknál jelentősen magasabb értéket mértünk (16,3-21%) az optimális körülmények között fejlődött egyedekhez képest. Az érés időszakában jelentkező száraz periódus a rövid tenyészidejű fajtáknál okozott kisebb mértékű visszaesést a vízfelvétel mennyiségében. A termésmennyiség a legrövidebb tenyészidejű fajtánál a szárbainduláskori vízmegvonás hatására csökkent legnagyobb mértékben (44,7%), míg a hosszú tenyészidőszakban a legnagyobb terméseszkökenés a szemtelítődéskor jelentkező vízhiánnyal párosult (70-80,3%). A kontrol állományokban a transpiráció produktivitása 0,7-1,6 kg/m³ között alakult. A szárbainduláskor vízmegvonással kezelt növények vízhasznosító képessége csökkent, 0,53-1,39 kg/m³-es értékeket mértünk. A kalászoláskor jellemzően tovább csökkentek a WUE értékei.

Bevezetés

A Kárpát-medencében a klímaváltozás hatásai elsősorban a léghőmérséklet változásain és az egyre szélsőségesebbé váló csapadékellátottságon követhető nyomon. Amíg a hőmérséklet esetében egyértelmű növekvő trendek mutathatók ki évszakonként jelenős eltérésekkel, addig a csapadéknál nem csak az egyes évek közötti jelentős eltérések, hanem az éven belüli eloszlásban tapasztalt módosulások is figyelmeztető jelek. A mediterrán klíma sajátosságai egyre gyakrabban és egyre intenzívebben jelennek meg hazánk időjárásában, ami a tavaszi és nyári hónapokban az aszály kialakulásának valószínűségét egyre inkább megnöveli (Bartholy és Pongrácz 2007). A csapadék változásai a felmelegedéssel párosulva kedvezőtlenek a növényfejlődés és a terméspotenciál szempontjából a közép-európai régióban (Brázdil és mtsai. 2009) és ezt már számos szerző kimutatta a kalászosoknál is (Barnabás és mtsai. 2008, Jäger 2010). A növények a különböző fejlődési fázisokban eltérően reagálnak a vízhiányra. Különösen fontos periódus a szárbaindulás, a virágzás és a virágzást követő szemtelítődés időszaka (Qiu és mtsai. 2008, Singh és mtsai. 1991).

A szárazságtűrő genotípusok nemesítésénél problémát jelent, hogy jelenleg nem állnak rendelkezésre gyorsan alkalmazható vizsgálati módszerek, valamint problémát jelent olyan könnyen megismételhető kísérlet beállítása, melyben széles genotípus kör tesztelhető. (Ramirez és Kelly 1998). Azokon a területeken, ahol a hozzáférhető vízkészletek jelentik a potenciális termőképesség elérésének egyik legfontosabb akadályát, a transpiráció produktivitásának maximalizálása tűnik az egyik leghatékonyabb módszernek (Cooper és mtsai. 1987; Oweis és mtsai. 2000), mely nem csak a termésmennyiség stabilizálásához járul hozzá, de kedvező a rendelkezésre álló vízkészletek hasznosítása szempontjából is. A módszer lényege, hogy adott területen a termésmennyiséget maximalizáljuk a felhasznált vízkészletek mennyiségének optimalizálásával párhuzamosan (Zhang és mtsai. 2008).

Korábbi kutatási eredmények rámutattak, hogy az optimálisnál több víz felhasználása csökkenti a transpiráció produktivitását és közvetlenül a termésmennyiséget is. (Sun és mtsai. 2006). A vízkészletek racionális felhasználása a jövőben különösen fontos lesz a szántóföldi gazdálkodásban és ennek az egyik perspektivikus útja a transpirációs produktivitás növelése. Világviszonylatban a WUE értékei számos szerző alapján 0,4 és 2,0 kg/m³ között alakulnak, de jelentős különbségek tapasztalhatók az egyes régiók és gazdálkodási rendszerek között is (Xue és mtsai. 2006).

Vizsgálatainkban őszi búzafajták termésjellemzőinek alakulását, valamint a transpiráció produktivitását elemeztük különböző vízellátottsági szinteken. Célunk a WUE meghatározása volt, valamint annak elemzése, hogy a fejlődés különböző periódusaiban jelentkező vízhiány hogyan befolyásolja a mutató alakulását. A Harvest-index alakulását is megvizsgáltuk, hogy a mutató párhuzamba állítható-e a WUE értékeivel és így használható-e a vízhasznosító képességgel összefüggésben a szárazságtűrés jellemzésére.

Anyagok és módszerek

Öt őszi búza genotípus (*Triticum aestivum* L.) (Mv Toborzó /TOB/; Mv Mambo /MAM/; Bánkúti 1201 /BKT/; Plainsman /PLA/ and Cappelle Desprez /CAP/) vízforgalmát vizsgáltuk a növénymorfológiai tulajdonságok megfigyelésével párhuzamosan kísérleti üvegházi körülmények között az MTA Agártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetben. A csíráztatást és 42 napos vernalizációt követően a 10 literes, talaj humusz és homok 3:1:1 arányú keverékét tartalmazó tenyészedényekbe 8 növényt ültettünk. A három ismétléses kísérletben a növények vízfelvételét az ültetéstől a teljes érésig folyamatosan monitoroztuk oly módon, hogy a tenyészedények talajának víztartalmát a szántóföldi vízkapacitás 60%-os szintjének megfelelő súlyra állítottuk be és hetente két, a kalászolástól kezdődően 3 alkalommal erre a szintre öntöttük a tenyészedényeket. Az aszályhelyzeteket 7-10 napig tartó teljes vízmegvonással szimuláltuk, melynek során a talaj térfogatos víztartalma a kontroll 25-30 v/v% -os szintről 5 v/v% alá esett. A stresszidőszakot követően a növények vízellátását helyreállítottuk. A kontroll kezelés (K) mellett a szárbainduláskor (SZ), a kalászoláskor (KAL) és a tejesérés (É) időszakában alkalmaztunk vízmegvonást. A teljes érést követően teljes növényanalízist végeztünk, mely a növénymagasság, a levél és szártömeg, valamint terméstömeg meghatározást jelentett. A vízmegvonás hatásait a szemtömeg, az ezerszemtömeg változásain keresztül határoztuk meg. A Harvest-indexet (HI) a szemtömeg és a talajfeletti teljes biomassza hányadosaként számítottuk. A vegetáció vízigényét a két öntözés között számított vízfogyasztások összegzésekként kaptuk meg. A transpiráció produktivitását az egységnyi mennyiségű víz felhasználásával megtermelt szemtömeg mennyiségeként számítottuk. Egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk a statisztikailag szignifikáns különbségek kimutatására Kuti és mtsai. (2012) módszere alapján.

Eredmények és következtetések

A termésmennyiség a legrövidebb tenyészidejű fajtánál a szárbainduláskori vízmegvonás hatására csökkent legnagyobb mértékben (44,7%), míg a hosszú tenyészidőszakban a legnagyobb termésnövekedés a szemtelítődéskor jelentkező vízhiánnyal párosult (70-80,3%) (1. táblázat).

1. táblázat. őszi búzafajták szemtömegének alakulása a különböző kezeléseken

Termésmennyiség	MAM	BKT	CAP	PLA	TOB	SzD _{5%}
K	48.87 ^{aA}	39.37 ^{aB}	25.43 ^{aC}	37.65 ^{aB}	30.16 ^{aBC}	8.448
SZ	37.23 ^{bA}	38.69 ^{aA}	19.12 ^{bB}	24.61 ^{bC}	16.66 ^{bB}	4.965
KAL	17.30 ^{cA}	8.57 ^{bB}	8.69 ^{cB}	16.03 ^{cA}	22.49 ^{bC}	3.925
É	22.70 ^{cA}	5.00 ^{bB}	4.89 ^{cB}	11.30 ^{cB}	23.03 ^{bA}	7.084
SzD _{5%}	8.00	7.66	5.00	7.21	6.49	

A szárbainduláskori stressz hatására a hosszú tenyészidejű fajták vízfelvétele kismértékben visszaesett (2,2-9,8%-kal), míg a rövid tenyészidejű fajtáknál jelentősen magasabb értéket mértünk (16,3-21%) az optimális körülmények között fejlődött egyedekhez képest. Az érés időszakában jelentkező száraz periódus a rövid tenyészidejű fajtáknál okozott kisebb mértékű visszaesést a vízfelvétel mennyiségében (2. táblázat).

2. táblázat. Őszi búzafajták tenyészidőszaki vízfelhasználása a különböző kezelésekben

Vízfelhasználás	MAM	BKT	CAP	PLA	TOB	SzD _{5%}
K	30396 ^{aA}	36236.7 ^{aB}	36375 ^{aB}	25483 ^{aC}	24161 ^{aC}	3405.486
SZ	27396.6 ^{aA}	35080 ^{aB}	35573 ^{aB}	21338 ^{bC}	19096 ^{abC}	5158.015
KAL	17393.3 ^{bA}	25708 ^{bB}	31020 ^{bC}	16215 ^{cA}	17633 ^{bA}	2823.856
É	19846.6 ^{bAC}	21021.7 ^{cA}	30950 ^{bB}	17386 ^{cC}	19178 ^{abAC}	2533.4
SzD _{5%}	6179.3	2616.6	2930.7	1786.2	1786.7	

A kontroll állományokban a vízhasznosítás hatékonysága 0,7-1,6 kg/m³ között alakult a MAM-PLA-TOB-BKT-CAP csökkenő sorrendben. A szárbainduláskor vízmegvonással kezelt növények vízhasznosító képessége csökkent, 0,53-1,39 kg/km³-os értékeket mértünk a MAM-PLA-BKT-TOB-CAP sorrendben. A kalászoláskor jellemzően tovább csökkentek a WUE értékei, kivételt a Toborzó jelentett, melynél a kontroll értékkel azonos vízhasznosítást határoztunk meg. A kalászoláskor a fajták sorrendje TOB-MAM-PLA- BKT-TOB volt 0,28-1,28 kg/m³ értékekkel. Az éréskor szimulált vízhiány további jelentős WUE csökkenést csak a Planisman fajtánál eredményezett (3. táblázat).

3. táblázat. Őszi búzafajták transpirációs produktivitása a különböző kezelésekben

WUE	MAM	BKT	CAP	PLA	TOB	SzD _{5%}
K	1.6 ^{aA}	1.08 ^{aB}	0.7 ^{aC}	1.47 ^{aA}	1.25 ^{aD}	0.154
SZ	1.39 ^{bA}	1.1 ^{aB}	0.53 ^{bC}	1.15 ^{bB}	0.87 ^{bD}	0.078
KAL	1.0 ^{cA}	0.34 ^{bB}	0.28 ^{cB}	0.97 ^{bA}	1.28 ^{aC}	0.153
É	1.12 ^{cA}	0.24 ^{bB}	0.16 ^{cB}	0.64 ^{cC}	1.18 ^{abA}	0.29
SzD _{5%}	0.181	0.192	0.124	0.231	0.331	

A vízmegvonás az MV Toborzó kivételével szignifikáns HI csökkenést eredményezett a kalászoláskor és az éréskor jelentkező vízhiány hatására. A legalacsonyabb HI értékeket a BKT és a CAP fajták esetében számítottuk, és a vízmegvonás is ezeknél a fajtáknál okozta a legnagyobb mértékű terméscsökkenést a biomassa arányában. A rövidebb tenyészidejű fajtáknál a fejlődés korai fázisában jelentkezett csökkenés a HI értékében, párhuzamosan a WUE értékekkel, míg a hosszabb tenyészidőszak a fejlődés későbbi szakaszaiban jelentkező vízhiány erőteljesebb negatív hatásaival társult (4. táblázat).

4. táblázat. Őszi búzafajták Harvest-index értéke a különböző kezelésekben

Harvest-index	MAM	BKT	CAP	PLA	TOB	SzD _{5%}
K	38.18 ^{aA}	26.03 ^{aB}	17.53 ^{aC}	38.26 ^{aA}	38.02 ^{aA}	3.178
SZ	38.68 ^{aA}	26.93 ^{aB}	15.06 ^{aC}	30.45 ^{abD}	27.5 ^{bB}	1.898
KAL	23.91 ^{bA}	8.60 ^{bB}	7.41 ^{bB}	20.02 ^{bcA}	35.99 ^{abC}	6.632
É	26.28 ^{bA}	5.13 ^{bB}	4.14 ^{bB}	16.25 ^{cC}	30.77 ^{abA}	6.738
SzD _{5%}	4.908	4.277	3.301	10.45	8.544	

Eredményeink arra engednek következtetni, hogy a Harvest-index alakulása lényeges összetevője a kalászosok szárazságtűrésnek és vízhasznosításnak, azonban egy fajta alkalmazkodóképességének megállapításához azt is vizsgálni kell, hogy a HI mennyire képes stabil maradni az optimálistól eltérő környezeti feltételek mellett. A szántóföldi növénytermesztés kockázatait teljesen megszüntetni nem lehetséges, viszont ha jelentősen csökkenthetők az évjáratok közötti különbségek azáltal, hogy megfelelő víztakarékos gazdálkodási módok mellett olyan fajták alkalmazására lesz lehetőség, melyek maguk is képesek a rendelkezésre álló limitált vízkészletekkel is megfelelő termést produkálni, akkor jelentősen javulna a szektor ágazatainak tervezhetősége.

Köszönetnyilvánítás

A kutatáshoz szükséges eszközök beszerzése valamint a segédszemélyzet foglalkoztatása a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 számú projekt által biztosított forrásból valósult meg. A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt által nyújtott személyi támogatással valósult meg. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- Barnabás B., Jäger K., Fehér A. (2008) The effect of drought and heat stress on reproductive processes of cereals. *Plant Cell Environ.* 31: 11-38.
- Bartholy J., Pongráz R. (2007) Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global Planet. Change* 57: 83-95.
- Brázdil R., Trnka M., Dobrovolny P., Chroma K. (2009) Variability of droughts in the Czech Republic, 1881-2006. *Theor. App. Climatol.* 97: 297-315.
- Cooper P. J. M., Gregory P. J., Tully D., Harris H. C. (1987) Improving water use efficiency of annual crops in the rainfed farming system of West Asia and North Africa. *Exp. Agric.* 23:113-158.
- Jäger K. (2010) Simultaneous water withholding and elevated temperature alters embryo and endosperm development in wheat. *Acta Agron. Hung.* 58: 91–95.
- Kuti C., Láng L., Gulyás G., Karsai I., Mészáros K., Vida Gy., Bedő Z. (2012) Bioinformatics tool for handling molecular data in wheat breeding. *Cereal Res. Commun.* DOI: 10.1556/CRC.2012.0009.
- Oweis T., Zhang H., Pala M. (2000) Water use efficiency of Rainfed and irrigated bread wheat in a Mediterranean environment. *Agronomy Journal* 92: 231-238.
- Qiu G.Y., Wang L., He X., Zhang X., Chen S., Chen J., Yang Y. (2008) Water use efficiency and evapotranspiration of winter wheat and its response to irrigation regime in the north China plain. *Agric. Forest Meteorol.* 148: 1848-1859.
- Ramirez P., Kelly J. D. (1998) Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99: 127-136.
- Singh R.V., Chauhan S. P. S. (1991) Response of barley to the levels and sources of nitrogen with and without zinc in relation to yield and water use under dryland conditions. *Bhartiya krishi Anusandhan Patrika* 6: 43-48.
- Sun H. Y., Liu C. M., Zhang X. Y., Shen Y. J., Zhang Y. Q. (2006) Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain. *Agric. Water Manage.* 85: 211-218.
- Xue Q., Zhu Z., Musick J. T., Stewart B. A., Dusek D. A. (2006) Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. *J. Plant Physiol.* 163: 154-164.
- Zhang X., Chen S., Sun H., Pei D., Wang Y. (2008) Dry matter, harvest index, grain yield and water use efficiency as affected by water supply in winter wheat. *Irrigation Science* 27: 1-10.

AZ ŐSZI DURUM BÚZA NEMESÍTÉSE MARTONVÁSÁRON

VIDA GYULA, SZUNICS LÁSZLÓ, KARSAI ILDIKÓ, VEISZ OTTÓ

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Kalászos Gabona Rezisztencia Nemesítési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
vida.gyula@agrar.mta.hu

Az őszi durum búza nemesítése és termesztése mindössze néhány évtizedes múltra tekint vissza Magyarországon. A hidegtűrés szinten tartása és a technológia minőség ezzel párhuzamosan történő javítása nem egyszerű feladat. A keresztezési programban forrásként használt hidegtűrő, valódi őszi genotípusok sikérerőssége és sárga pigment tartalma elmarad a feldolgozóipar elvárásaitól, ezért a keresztezési partnerek között kiváló technológiai minőségű, fakultatív durum búza genotípusok is találhatóak. A sikérerősség jellemzésére használt siker index mérés bevezetését követően megközelítőleg tíz évre volt szükség ahhoz, hogy a kísérletekben tesztelt genotípusok 70%-ának siker indexe szignifikánsan meghaladja a kezdetektől standard fajtaként szereplő *Parusz* fajtáját. Az erős sikérváz mellett a durum búza másik értékes tulajdonsága a nagy sárga pigment tartalom, melyet 1996 óta a sárga index mérésével becsülünk. A durum búza törzsek sárga indexe a különböző években széles intervallumon belül (17,7–32,2) változott. A sárga index növelését célzó szelektációs program elindulása előtt a Martonvásáron nemesített törzsek átlagos értéke a *Parusz* fajtáénak mindössze 99,2%-át érte el. Ez az érték 2006-ra 120% fölé emelkedett. A legjobb törzsek sárga indexe évjárattól függően 17,5–70,8%-kal haladta meg a *Parusz* fajtáját.

Bevezetés

A durum búza elsősorban a mediterrán országok gabonanövénye, azonban az őszi változatát főként a kelet-európai országokban és Kis-Ázsiában termesztik (*Palamarcsuk 2005*). A durum búza elsődleges felhasználási területe a száraztészta-gyártás, ezért a piacon értékesíthető fajtáknak erre a célra alkalmas technológiai minőségűnek kell lenni.

Martonvásáron az első őszi durum búza törzsek tesztelése 1982-ben kezdődött és a program eredményeként 1996-ban születtek meg az első fajták. A nemesítési program kezdetekor még főként az agronómia tulajdonságok javítása és a megfelelő télállóság elérése volt az elsődleges cél, ezért a keresztezési program alapját főként ukrán származású fajták és törzsek jelentették. E genotípusok bőtermők és hidegtűrők voltak, azonban technológiai minőségük – ezen belül sikérerősségük és sárga pigment tartalmuk – nem felelt meg a feldolgozóipar által támasztott követelményeknek. Az 1990-es évek közepétől Martonvásáron megkezdődtek a részletes minőségvizsgálatok. A már korábban használt sikérmérés mellett a sikérerősség mérésére bevezettük a siker index vizsgálatot, míg a sárga pigment tartalmat a sárga index mérésével becsültük. Az erős sikérváz a feldolgozás, majd a főzés során képes visszatartani a keményítő molekulákat (*Feillet 1984*) és ennek következtében a tészta felülete nem nyálkásodik, nem ragad, alakját stabilan megőrzi (*Dexter és Matsuo 1980*). A búza sikérerőssége többek között a siker index mérésével is meghatározható, a vizsgálat módszerét *Perten* dolgozta ki 1990-ben. Mindössze két évvel később *Cubbada és mtsai. (1992)* a siker index meghatározást már a durum búza sikérerősségének mérésére alkalmas módszerként írták le. A siker index a tavaszi fajtákban jól öröklődő genetikai tulajdonság (*Ames és mtsai. 1999*), *Clarke és mtsai. (2000)* heritabilitási érték számát három keresztezési kombináció alapján 0,84 és 0,93 közötti nagyságúnak számították. A durum dara, az ún. szemolina nagy mennyiségű sárga pigmentet (karotinoidokat) tartalmaz, ami a tésztakészítési- és főzési tulajdonságokat nem, vagy csak igen kis mértékben befolyásolja, ugyanakkor a tojás felhasználása nélkül készített tészta esztétikai értékét, szalmonella mentességét, tárolhatóságát

és ezen keresztül értékesíthetőségét, exportálhatóságát alapvetően meghatározza (*Dexter és mtsai. 1981*). A sárga pigment tartalom becslésére alkalmas sárga indexet tristimulusos színmérő készülékekkel határozzák meg. A sárga index és a sárga pigment tartalom közötti összefüggés 0,88 (*Wehrle és mtsai. 1997*) és 0,95 közötti (*Borrelli és mtsai. 1999*).

Az utóbbi közel két évtizedben több ezer durum búza minta siker- és sárga indexét mértük. Dolgozatunkban két kísérlet eredményeit elemezve mutatjuk be a vizsgálatok bevezetése óta eltelt időszakban bekövetkezett változást.

Anyagok és módszerek

Első kísérletünkben a martonvásári nemesítési programban eddig született 10 őszi durum búzafajta siker- és sárga indexét vizsgáltuk három egymást követő, de egymástól jelentősen különböző időjárású évben (2010: csapadékos; 2011: száraz, de vízzel jól feltöltött talaj; 2012: rendkívül száraz). Második kísérletünkben a 2000 és 2012 között elvetett nemesítési törzsek siker és sárga indexét mértük, majd a kapott adatokat a *Parusz* fajta adataihoz viszonyítottuk. Mindkét kísérletből származó minták az MTA Agrártudományi Kutatóközpont László-pusztai kísérleti teréről származtak (47°18' É/18°49'K), melynek talaja erdőmaradványos csernozjom, enyhén savas kémhatással, mérsékelt nitrogén-, jó-nagyon jó foszfor és jó kálium ellátottsággal. A háromismétléses, random blokk elrendezésű kísérletekben az állománysűrűség 500 növény/m² volt.

A siker index mérését Perten Glutomatic 2200 sikermosóval és Perten 2015 centrifugával (Perten Instruments AB, Hägersten, Svédország) végeztük ICC158 szabvány (*ICC, 1995*) alapján. A sárga index mérése Minolta CR-300 kromaméterrel (Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japán) történt. Mindkét méréshez szemolinát használtunk, melyet labormalmon (Chopin CD2 és Brabender Junior) állítottunk elő. Az adatokat kéttényezős varianciaanalízissel elemeztük *Sváb (1981)* módszerével.

Eredmények és következtetések

A martonvásári durum búza nemesítési programban született őszi durum búzafajták technológia minőségét minden évben vizsgáljuk. A 2010–2012 évek szántóföldi kísérleteiből származó minták siker- és sárga index adatait az *1. táblázat* tartalmazza.

1. táblázat. Martonvásáron nemesített őszi durum búzafajták siker- és sárga indexe (Martonvásár, 2010-2012)

Fajta	Elismerés éve	Siker index				Sárga index			
		2010	2011	2012	Átlag	2010	2011	2012	Átlag
Odmadur 1*	1996	38,40	32,42	7,96	26,26	19,69	19,76	21,19	20,21
Odmadur 2*	1996	26,56	8,52	3,69	12,92	18,57	17,52	19,75	18,61
Martondur 1	1996	78,61	43,36	52,06	58,01	16,65	15,20	17,59	16,48
Martondur 2	1996	28,02	44,33	4,70	25,68	19,58	18,19	19,84	19,20
Martondur 3	1999	29,61	48,61	41,89	40,04	19,34	18,77	19,89	19,33
Mv Maxidur	2001	78,99	86,81	77,69	81,16	19,51	19,09	21,47	20,02
Mv Makaróni	2001	45,50	21,43	25,25	30,73	22,48	22,93	23,49	22,97
Mv Gyémánt	2004	72,69	56,53	4,94	44,72	22,56	18,26	20,14	20,32
Mv Hundur	2011	65,10	72,15	69,78	69,01	26,84	25,21	25,01	25,69
Mv Pennedur	2011	91,32	94,36	75,14	86,94	24,47	23,83	23,20	23,83
SzD _{5%}		3,86	7,05	5,51	3,30	0,38	0,86	0,65	0,42

Megjegyzés: *Az odesszai (Ukrajna) Növénynemesítési és -genetikai Intézettel közösen nemesített fajta

A martonvásári durum búza nemesítésből származó első fajták 1996-ban részesültek állami fajtaelismerésben. E fajtákra általában az átlagosnál gyengébb sikérszerkezet és a kis sárga pigment tartalom volt a jellemző. Az első generációs fajták nemesítése során a termésbiztonság és a termőképesség javítása volt az elsődleges kritérium, hiszen e genotípusoknak az őszi búzafajtákkal kellett versenyezniük termesztési körzetükben (*Dorofejev 1987*). A durum búza nemesítési program indulását (1982) követően egészen

1996-ig a technológia minőség javítására irányuló szelekció kizárólag vizuális értékelésen (szemtípus, üvegeesség) alapult és a vizsgált tulajdonságok köre csak ezt követően bővült ki a sikérvizsgálattal (nedvessiker mennyiség és siker index), valamint a sárga index meghatározásával. A műszeres vizsgálatok megkezdését követően további 15 évre volt szükség, míg megszülettek azok a fajták, melyek technológiai minősége már versenyképes a tavaszi búzákéval, azonban hazai viszonyok között azoknál sokkal nagyobb termés elérésére képesek. Az *Mv Pennedur* siker indexe az évjáratok többségében meghaladja a 75-ös értéket, ami *Cubbada és mtsai. (1992)* osztályozási rendszere alapján „nagyon jó” és „kiváló” minőséget jelent, sárga indexe pedig az évjáratok többségében 23,5 feletti, ami a Barilla szárastésztagyártó cég osztályozási rendszere alapján (*Landi 1995*) a legjobb kategóriát jelenti. Az *Mv Hundur* átlagosnál jobb sikérerősség mellett az egyik legnagyobb sárga pigment tartalmú durum búzafajta hazánkban, az összehasonlításba beleértve a Magyarországon termesztett külföldi eredetű tavaszi durum búzafajtákat is.

Második kísérletünkben az állami fajtakísérletben szereplő fajtajelöltek és a bejelentés előtt álló őszi durum búza törzsek siker- és sárga indexét vizsgáltuk a 2000–2012 évek közötti időszakban. A mérések eredményét a 2. táblázatban összegeztük, a genotípusok adatait a kísérletben szereplő átfutó standard *Parusz* fajtához viszonyítottuk.

2. táblázat. Durum búzatörzsek és a *Parusz* standard fajta siker- és sárga indexe (Martonvásár, 2000-2012)

Év	Törzsek száma	Parusz	Mv durum búza törzsek			Parusznál jobb, db (p=5%)	Jó* minőségű, db	Kiváló* minőségű, db
			Minimum	Maximum	Átlag			
Siker index								
2000	15	2,77	0,92	93,88	39,49	9	3	1
2001	23	50,39	1,51	95,16	55,87	12	6	5
2002	20	0,80	0,38	69,87	12,68	5	1	0
2003	19	11,06	1,47	96,05	42,59	12	0	4
2004	22	32,13	15,81	96,63	49,53	6	3	3
2005	24	1,16	1,36	96,84	63,48	21	8	8
2006	28	7,33	1,36	95,01	57,34	24	4	9
2007	29	10,87	1,89	88,04	53,13	24	9	2
2008	31	49,31	9,27	88,63	59,44	17	14	3
2009	31	59,49	53,50	98,67	86,09	29	6	21
2010	31	3,41	0,58	96,10	61,69	30	13	6
2011	31	6,14	24,34	94,60	77,88	31	14	12
2012	31	8,92	3,57	76,99	36,62	26	10	3
Sárga index								
2000	15	20,64	20,06	27,04	23,09	11	9	6
2001	23	21,12	17,70	24,83	22,34	15	14	8
2002	20	24,06	22,94	28,84	25,15	12	6	14
2003	19	20,82	21,48	27,55	24,05	19	9	10
2004	22	23,67	25,32	32,16	27,21	22	0	22
2005	24	19,80	19,34	27,76	23,54	22	11	13
2006	28	20,65	20,61	31,24	26,41	27	3	25
2007	29	21,23	21,26	29,94	25,96	28	4	25
2008	31	20,68	22,10	29,08	25,59	31	2	29
2009	31	15,77	19,68	26,94	22,52	31	20	11
2010	31	18,56	20,55	26,84	23,80	31	13	18
2011	31	17,72	19,88	25,21	22,58	31	21	10
2012	31	17,73	19,14	25,08	22,80	31	21	10

Megjegyzés: siker index: jó 65–85 között, kiváló > 85 (*Cubbada és mtsai 1992*); sárga index: jó 19,0–23,5 között, kiváló > 23,5 (*Landi 1995*).

Az adatokból kiolvasható, hogy a vizsgált genotípusok adatai mindkét technológiai minőségi tulajdonság esetén széles intervallumon belül változtak. Annak ellenére, hogy a siker- és a sárga index is genetikailag jól öröklődő tulajdonság, a *Parusz* fajta különböző évekből származó adatai is eltérőek voltak. A 2001., 2008. és a 2009. évjárat kiemelkedően kedvezően hatott a sikererősségre, ugyanakkor az évjáratok többségében a standard fajta siker indexe gyengének bizonyult. Hasonló megállapítást tehető a sárga index adatok elemzése alapján. E tulajdonságnál a 2002. és a 2004. évjárat volt kiemelkedően kedvező, ekkor a *Parusz* fajta sárga indexe is kiváló volt. A martonvásári őszi genotípusok között nagy számban azonosítottunk a *Parusz* fajtáénál szignifikánsan jobb minőségű törzseket, melyek aránya mindkét bemutatott tulajdonság esetén folyamatosan nőtt az évek előrehaladtával. A jelenleg tesztelt őszi durum búza nemesítési törzsek között nagy számban találhatóak mind a siker-, mind pedig a sárga index nagyságát tekintve kiváló száraztészta-ipari minőségű genotípusok, melyek még a kiemelkedően jó tavaszi durum búza genotípusokkal is versenyképesek.

Köszönetnyilvánítás

A munkát az OTKA (K68127) és a GOP-1.1.1-09/1-2009-0053 pályázat támogatta.

Irodalom

- Ames N.P., Clarke J.M., Marchylo B.A., Dexter J.E., Woods S.M. (1999) Effect of environment and genotype on durum wheat gluten strength and pasta viscoelasticity. *Cereal Chem.* 76: 582-586.
- Borrelli G.M., Troccoli A., Di Fonzo N., Fares, C. (1999) Durum wheat lipoxygenase activity and other quality parameters that affect pasta color. *Cereal Chem.* 76: 335-340.
- Clarke J.M., Clarke F.R., McCaig T.N., Knox R.E., Ames N.P. (2000) Evaluation of predictors of quality for use in early generation selection. In: Royo, C., Nachit, M.M., Di Fonzo, N., Araus J.L. (szerk) *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. Options Méditerranéennes, Série A: Séminaires Méditerranéens* 40: 439-446.
- Cubbada R., Carcea M., Pasqui L.A., 1992. Suitability of the gluten index method for assessing gluten strength in durum wheat and semolina. *Cereal Foods World* 37: 866-869.
- Dexter J.E., Matsuo R.R. (1980) Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. *J. Agr. Food Chem.* 28:899-902
- Dexter J.E., Matsuo, R.R., Preston, K.R., Kilborn, R.H. 1981. Comparison of gluten strength, mixing properties, baking quality and spaghetti quality of some Canadian durum and common wheats. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 14: 108-111.
- Dorofeev V.F. 1987. Psenyicü mira. VO Agropromizdat, Leningrad. 560 p.
- Feillet P. (1984) The biochemical basis of pasta cooking quality, its consequences for durum wheat breeders. *Sciences des Aliments* 4:551-566
- ICC (International Association for Cereal Science and Technology) (1995) ICC Standard No. 158: Gluten index method for assessing gluten strength in durum wheat (*Triticum durum*)
- Landi A. 1995. Durum wheat, semolina and pasta quality characteristics for an Italian food company. In: Di Fonzo N., Kaan F., Nachit M. (eds) *Durum wheat quality in the Mediterranean region. Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens* 22: 33-42.
- Palamarchuk A., 2005. Selection strategies for traits relevant for winter and facultative durum wheat. In: Royo, C., Nachit, M., Di Fonzo, N., Araus, J.L., Pfeiffer, W.H., Slafer, G.A. (szerk.) *Durum wheat breeding: current approaches and future strategies*. Food Products Press, New York. 599-644 p.
- Perten H., 1990. A rapid measurement of wet gluten quality by the gluten index method. *Cereal Foods World* 35: 401-402.
- Sváb J. (1981) Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 557 p.
- Wehrle K., Seibel W., Gerstenkorn P., Kuhn M. 1997. Schnellmethoden zur qualitativen Beurteilung von Durumweizen. 2. Teil: Beziehung der Rohstoffeigenschaften Farbe und Protein zur Teigwarenqualität. *Getreide, Mehl und Brot* 51: 73-78.

Növényvédelmi kutatások

PAPRIKÁRÓL SZÁRMAZÓ REZISZTENCIA ÁTTÖRŐ ÉS VAD TÍPUSÚ PARADICSOM BRONZFOLTOSSÁG VÍRUS (*TOMATO SPOTTED WILT VIRUS*) IZOLÁTUMOK SZEKVENCIÁINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

CSÖMÖR ZSÓFIA¹, ALMÁSI ASZTÉRIA¹, NEMES KATALIN¹, CSILLÉRY GÁBOR²,
SALÁNKI KATALIN¹, PALKOVICS LÁSZLÓ³ ÉS TÓBIÁS ISTVÁN¹

¹MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Növényvédelmi Intézet, Kóréletani Osztály
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
almasi.aszteria@agr.ar.mta.hu

²Budakert Kft.
1114 Budapest, Bartók B. út 41.

³BCE Kertészettudományi Kar
Növénykórtani Tanszék
1118 Budapest, Ménesi út 44.

A paradicsom bronzfoltosság vírus (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV) jelentősége magyarországi megjelenését követően az 1990-es években nőtt meg, súlyos járványok kialakulása következtében. A TSWV fertőzések megelőzését elsősorban a vírus vektora, a tripsz fajok (*Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci*) és a TSWV és tripsz gazdanövényei (gyomnövények) elleni védekezés jelentette (növényvédőszeres és színcsapda alkalmazásával). Ahogy a későbbiekben a *Tsw* rezisztenciagént különböző paprika fajtákba beépítették, kevesebb figyelmet fordítottak a tripsz elleni védekezésre. Ez okozhatta a 2010-2011 években szórványosan, míg 2012-ben egyre több helyen észlelt TSWV rezisztencia áttörő törzs megjelenését rezisztenciagént hordozó paprika fajtákon a szentesi paprikatermesztő régióban. Az új rezisztencia áttörő TSWV törzs megjelenését különböző klasszikus (tesztnövény és szerológiai) és molekuláris vizsgálatokkal igazoltuk. Az irodalmi adatokban korábbi vizsgálatok szerint a vírus *Tsw* rezisztenciát áttörő tulajdonságot meghatározó szekvenciát az S RNS-en lokalizálták, ezért célunk a magyar rezisztencia áttörő TSWV izolátumok S RNS-ének jellemzése és más izolátumokkal történő összehasonlítása volt.

Bevezetés

A paradicsom bronzfoltosság vírus (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV) a *Tospovirus* nemzetség típus faja (*Bunyaviridae* család), számos jelentős kertészeti és mezőgazdasági termesztett növény kórokozója. A TSWV szinte az egész világon elterjedt, rendkívül széles gazdanövénykörrel rendelkezik, ezért manapság a tíz gazdaságilag legfontosabb növényvírus közé sorolják (Goldbach és Peters 1996, Tomlinson 1987, Adkins 2000). A vírust tripsz fajok terjesztik perisztens módon (Whitfield és mtsai. 2005). A 80-120 nm átmérőjű szabálytalan szférikus virionokat közös membrán burkolja (Prins és Goldbach 1998). A TSWV genomját három egyszálú RNS molekula alkotja: egy kisméretű (S-RNS) egy közepes (M-RNS) és egy nagyméretű (L-RNS), melyek közül a két első ambiszensz, míg az utóbbi negatív polaritású. Az S RNS egy nem-szerkezeti fehérjét (NSs) és a köpenyfehérjét (N) kódolja. Hazánkban a TSWV megjelenését 1972-ben írták le dohányról, akkor azonban a kertészeti kultúrákban nem tekintették jelentős kórokozónak. A TSWV fertőzés által okozott igen komoly károkat paradicsom- és paprikatermesztésben a szentesi zöldségtermesztő régióban először 1995-ben észlelték. A súlyos járványok kitörésében ebben az időben nyilvánvalóan szerepet játszott a TSWV hatékony vektorának, a nyugati virágtripsznek (*Frankliniella occidentalis*) Magyarországra történő behurcolása és terjedése (Gáborjányi és mtsai. 1995).

A TSWV elleni védekezés eleinte főként a tripsz ellen irányult különböző inszekticidek és színcsapdák alkalmazásával, másrészt a tripsz és a vírus gazdanövényei ellen. Később a *Tsw* rezisztenciagént (*Black és mtsai. 1996*) sikeresen beépítették különböző paprikafajtákba (kúp alakú fehér, hosszú halványzöld erős és édes, paradicsomalakú, fűszerpaprika és blocky típusú; Csilléry szóbeli közlés alapján). A *Tsw* rezisztenciagént hordozó paprika fajták levelein és egyéb növényi részein TSWV fertőzést követően nekrotikus lokális léziók jelennek meg a vírus szisztemizálódása nélkül.

A szentesi régióban 2010-ben és 2011-ben szórványosan, 2012-től egyre gyakrabban és több helyen fordultak elő szisztemikus vírus tünetek rezisztens paprikafajtákon. (*Bese és mtsai. 2012, Csilléry és mtsai. 2012, Salamon és mtsai. 2010*). A rezisztencia áttörő TSWV törzs megjelenését különböző víruskimutatói módszerekkel igazoltuk (tesztnövény, szerológiai és RT-PCR). Mindezek mutatják, hogy a TSWV igen gyorsan képes alkalmazkodni a növényi rezisztenciához, ahogy a vírus a *Tsw* rezisztenciagén paprika fajtákba történő bevezetését követően néhány éven belül áttörte ezt a rezisztencia formát (*Roggero és mtsai. 2002, Thomas-Carroll és Jones 2003, Margaria és mtsai. 2004, Sharman és Persey 2006*).

A rezisztens paprika növényeken előforduló magyar TSWV izolátumokat – gazdasági jelentőségük ellenére – ezidáig nem jellemezték, és nem voltak adatok a TSWV járványok fő összetevője tekintetében. Korábbi irodalmi adatok alapján a *Tsw* rezisztencia áttöréséért felelős vírus génszakasz az S RNS-hez köthető (*Jahn és mtsai. 2000, Margaria és mtsai. 2007*). Ezért célul tűztük ki a magyar rezisztencia áttörő TSWV izolátumok S RNS-ének meghatározását, és a vad típusú izolátumokkal történő összehasonlítását.

Anyagok és módszerek

A magyar TSWV izolátumokat termesztett paprikán jellegzetes tüneteket mutató növényekről (bogyóról) gyűjtöttük Szentesen és Szegváron, másrészt Olaszországból és Portugáliából származtak a minták. Az izolátumokkal tesztnövény, szerológiai (ELISA) és RT PCR vizsgálatokat végeztünk. A TSWV izolátumokat *Nicotiana tabacum* cv. Xanthi-nc tesztnövényeken tartottuk fenn.

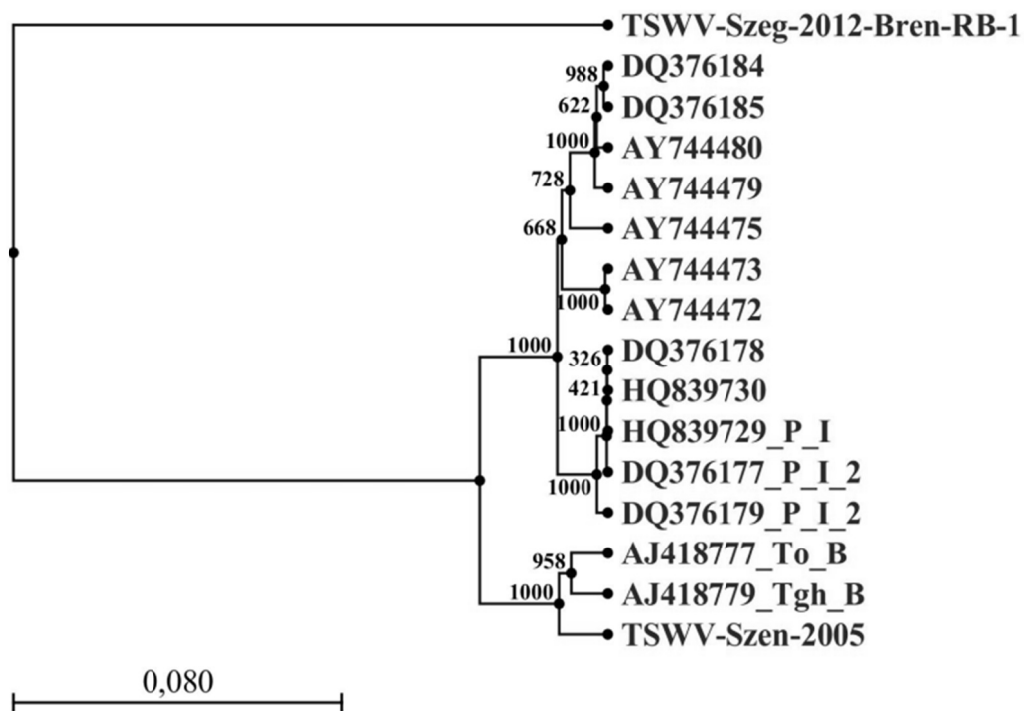
A tüneteket mutató paprika bogyókból vagy a mechanikailag fertőzött *Nicotiana tabacum* cv Xanthi nc növények leveléből teljes nukleinsav kivonást végeztünk Spectrum Plant Total RNA Kit-tel (Sigma-Aldrich KFT.) a gyártó utasítása szerint. A vírus RNS-ről RT PCR módszerrel cDNS-t készítettünk a RevertAid H Minus First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermo Scientific) segítségével. Az RT-PCR vizsgálatoknál a specifikus indítószekvenciák a következők voltak: TSWV-184NSsforward (5'- GG CTG TAG CAG AGA GCA ATT GTG TCA TAA TTTT-3') és TSWV-186NSsreverse (5'-GGA CAT AGC AAG ATT ATT TTG ATC CTG- 3'), melyek egy 1404 bp hosszúságú szakaszt emeltek ki az S RNS NSs régiójából. Míg TSWV-185CPforward (5'-AAT TTC TCC GCA ATC TAT TTC AGT TG-3') és TSWV-183CP reverse (5'-GGG GAT CCA GAG CAA TTG TGT CAA TTTT-3'), melyek egy 1720 bp hosszúságú szakaszt emeltek ki az N és a nem kódoló régióból. A kapott PCR- terméket 1%-os agaróz gélben futtattuk és gélből izoláltuk Silica Bead DNA Gel Extraction Kit (Thermo Scientific) segítségével az előírás szerint, majd CloneJet vektorba (Thermo Scientific) klónoztuk. A szekvenálást a BAYGEN (Szeged) végezte. A különböző TSWV izolátumok szekvencia adatait a CLC Sequence Viewer 6.8.2. szoftver segítségével elemeztük.

Eredmények és következtetések

A vírusgenom S RNS szálának szekvenciáját két régióban határoztuk meg öt rezisztencia áttörő (RB) és két normál, vad típusú (WT) TSWV izolátum esetében: az 1404 bp hosszúságú NSs és az 1720 bp hosszúságú N régióban. A TSWV szekvenciák 95-100% hasonlóságot mutattak. A két 2012-ben Szegváron gyűjtött izolátum (TSWV-Szeg 12/Bren-1 és TSWV-Szeg 12/Bren-2) és a két portugál izolátum (TSWV-Port-12/paprika-1 és TSWV-Port-12/paprika-2) között közel 100%-os hasonlóságot találtunk. Ezek az izolátumok mind

rezisztencia áttörők voltak. A magyar rezisztencia áttörő (RB) izolátumok nagyobb fokú hasonlóságot mutattak a magyar vad típusú (WT) izolátumokkal, mint az olasz ill. portugál RB törzsekkel. Az N régióban a vad típusú, Szentesen 2005-ben gyűjtött magyar TSWV-Szen-05/paprika izolátum és a rezisztencia áttörő portugál TSWV-Port-12/paprika-1 izolátum csak 96% hasonlóságot mutatott.

A magyar TSWV izolátumok és a génbankban elérhető általunk választott izolátumok NSs régiójának szekvenciája alapján filogenetikai törzsfát készítettünk (1. ábra). A BLAST elemzés szerint a magyar izolátumok szekvenciái 99%-ban megegyeztek a bolgár izolátumokéval (AJ411877, AJ4118779). A 2005-ben gyűjtött vad típusú magyar izolátum nagy hasonlóságot mutatott a francia ill. olasz izolátumokkal. A portugál ill. olasz TSWV izolátumok a spanyol paprikáról származó izolátummal 99%-ban megegyeztek.



1. ábra. A paradicsom bronzfoltosság vírus (TSWV) izolátumok filogenetikai törzsfá részlete a TSWV NSs régió alapján

A TSWV NSs régiójának filogenetikai elemzése alapján a törzsfá európai izolátumokat tartalmazó ága további csoportokra bontható földrajzi eredetük szerint. A 2009-ben és 2012-ben gyűjtött magyar TSWV izolátumok a bolgár alcsoporttal alkotnak közös ágat, míg a 2005-ben izolált magyar TSWV izolátum a francia alcsoportéhoz tartozik. Az általunk izolált portugál és olasz TSWV izolátumok pedig egy külön alcsoportot alkotnak az európai ágon belül.

A hazai rezisztencia áttörő és nem áttörő TSWV törzseket a vizsgált genom szakaszban az 1–2 %-os eltérés alapján nem lehetett elkülöníteni. Találtunk azonban olyan báziseltéréseket, amelyek csak a rezisztencia áttörő törzsekre jellemzők. A fehérjében ezek a különbségek egy aminosav megváltozását okozzák a 104. helyen, a treonin helyett alanin található. További vizsgálatok szükségesek annak eldöntésére, hogy ezek az aminosavcserék milyen szerkezeti változásokat idéznek elő az adott fehérjében és ezek összefüggésben vannak-e a vírusrezisztencia áttörő tulajdonságával.

Irodalom

- Adkins, S. (2000) Tomato spotted wilt virus – positive steps towards negative succes. *Mol. Plant Pathol.* 1: 151-157.
- Bese, G., Krizbai, L., Takács, A.P. (2012) A paradicsom foltos hervadás vírus (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV) rezisztencia áttörő törzs első megjelenése Magyarországon. *Növényvéd. Tud. Napok, Budapest* p 49.
- Black, L.L., Hobbs, H.A., Kammerlohr, D.S. (1996) Resistance of *Capsicum chinense* lines to tomato spotted wilt virus from Louisiana, USA, and inheritance of resistance. *Acta Horticult.* 431: 393-401.
- Csilléry, G., Almási, A., Tóbiás, I. (2012) Occurrence of resistance breaking strain of *Tomato spotted wilt virus* on resistance pepper cultivars in Hungary. *21st Int. Pepper Conf. Florida, 2012*, p 27.
- Gáborjányi, R., Csilléry, G., Tóbiás, I., Jenser, G. (1995) *Tomato spotted wilt virus*: A new threat for pepper production in Hungary. *IXth Eucarpia Meeting, Budapest*, 159-160.
- Goldbach, R., Peters, D. (1996) Molecular and biological aspects of tospoviruses. In: Elliott R.M. (ed) *The Bunyaviridae* (pp 129-157) *Plenum Press, New York*
- Jahn, M., Paran, I., Hoffmann, K., Radwanski, E.R., Livingstone, K.D., Grube, R.C., Aftergoot, E., Lapidot, M., Moyer, J. (2000) Genetic mapping of the TSW locus for resistance to the *Tospovirus Tomato spotted wilt virus* in *Capsicum spp.* And its relationship to *Sw-5* gene for resistance to the same pathogen in tomato. *Mol. Plant Microbe Interact.* 13: 673-682.
- Margaria, P., Ciuffo, M., Turina, M. (2004) Resistance breaking strain of *Tomato spotted wilt virus* (*Tospovirus, Bunyaviridae*) on resistant pepper cultivars in Almería, Spain. *Plant Pathol.* 53: 795.
- Margaria, P., Ciuffo, M., Pacifico, D., Turina, M. (2007) Evidence that the nonstructural protein of *Tomato spotted wilt virus* is the avirulence determinant in the interaction with resistant pepper carrying the *Tsw* gene. *Mol. Plant Microbe Interact.* 20: 547-558.
- Prins, M., Goldbach, R. (1998) The emerging problem of tospovirus infection and nonconventional methods of control. *Trends Microbiol.* 6: 31-35.
- Roggero, P., Masenga, V., Tavella, L. (2002) Field isolates of *Tomato spotted wilt virus* overcoming resistance in pepper and their spread to other hosts in Italy. *Plant Disease* 86: 950-954.
- Salamon, P., Nemes, K., Salánki, K. (2010) A paradicsom foltos hervadás vírus (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV) rezisztenciatoró törzsének első izolálása paprikáról (*Capsicum annuum* L) Magyarországon. *Növényvédelmi Tudományos Napok* p 23.
- Sharman, M., Persley, D.M. (2006) Field isolates of *Tomato spotted wilt virus* overcoming resistance in *Capsicum* in Australia. *Australasian Plant Pathol.* 35: 123-128.
- Thomas-Carroll, M.L., Jones, R.A.C. (2003) Selection, biological properties and fitness of resistance-breaking strains of *Tomato spotted wilt virus*. *Ann. Appl. Biol.* 142: 235-243.
- Tomlinson, J.A. (1987) Epidemiology and control of virus diseases of vegetables. *Ann. Appl. Biol.* 110: 661-681.
- Whitefield, A.E., Ullman, D.E., German, T.L. (2005) Tospovirus-thrips interactions. *Annu. Rev. Phytopath.* 43: 459-489.

AZ ALMALISZTHARMAT OKOZZA AZ ŐSZIBARACK-GYÜMÖLCSÖK ROZSDÁS FOLTOSÁGÁT?

JANKOVICS T.¹, DOLOVAC N.², BULAJIĆ A.³, KRSTIĆ B.³, PASCAL T.⁴,
BARDIN M.⁵, NICOT P. C.⁵, KISS L.¹

¹MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani Osztály
1525 Budapest, Pf. 102.
kiss.levente@agrar.mta.hu

²Institute for Plant Protection and Environment, Department of Plant Pathology
11000 Belgrade, Teodora Drajzera 9, Serbia

³University of Belgrade, Faculty of Agriculture
Institute of Plant Protection, Dept. of Phytopathology
11080 Belgrade, Nemanjina 6, Serbia

⁴INRA, Unité de Génétique et d'Amélioration des Fruits et Légumes, UR1052
BP 94, F-84143 Montfavet, France

⁵INRA, Unité de Pathologie Végétale, UR0407, Domaine St. Maurice
BP 94, F-84140 Montfavet, France

Az őszibarack rozsdás foltosságának tünetei kiterjedt parás foltok formájában figyelhetők meg az érett gyümölcsök felületén. A betegség az utóbbi néhány évtizedben vált ismerté, és elsősorban minőségi kárt okoz az őszibaracktermesztésben. Egyes korábbi munkákban megfogalmazott feltételezések alapján általánosságban az almalisztharmat kórokozóját, a *Podosphaera leucotricha* gombát tartották felelősnek a betegség kialakulásáért, jóllehet a kórokozó meggyőző azonosítására egyetlen munkában sem került sor, a mesterséges fertőzési kísérletek eredményei pedig ellentmondásosak voltak. Az őszibarack rozsdás foltosság kóroktanának tisztázása érdekében kiterjedt üvegházi és szabadföldi keresztfertőzési kísérleteket végeztünk az almalisztharmatot okozó *P. leucotricha* és az őszibarack-lisztharmatot okozó *P. pannosa* fajokkal, valamint a mintáikban meghatároztuk az rDNS ITS-szekvenciákat. Keresztfertőzési kísérletek és az rDNS ITS-szekvenciák alapján bizonyítottuk, hogy az almalisztharmat kórokozója, a *P. leucotricha* okozza az őszibarack-gyümölcsök rozsdás foltosságát. Megállapítottuk, hogy a tipikus, sporulációval jellemezhető lisztharmattünetek minden esetben *P. pannosa*-fertőzés következtében alakultak ki az őszibarack levelén, hajtásán és gyümölcsén, míg a *P. leucotricha* okozta rozsdás foltok kizárólag az őszibarack-gyümölcsökre korlátozódtak. A rozsdás foltok minden bizonnyal az őszibarack-gyümölcsök bőrszövetének egyfajta hiperszenzitív-típusú reakcióját jelentik egy „idegen”, de a gyümölcsfejlődés egy korai, rövid szakaszában megtelepedni képes kórokozó, a *P. leucotricha* fellépése következtében.

Bevezetés

Az érett őszibarack-gyümölcsök felületén kiterjedt parás foltok formájában megfigyelhető tünetek minőségi kárt okoznak, ezáltal a gyümölcsök piaci értékét nagymértékben csökkentik. A tüneteket először 1941-ben az Egyesült Államokban írták le „őszibarack rozsdás foltosság” („peach rusty spot”) néven (Blodgett 1941). Az ismételt fungicides kezelések hatékonynak bizonyultak a betegséggel szemben (Furman és mtsai. 2003, Manji 1972) annak ellenére, hogy a kóroktana nem volt tisztázott. Több vizsgálat rámutatott arra, hogy a betegség elsősorban a lisztharmattal fertőzött almaültetvények közelében levő őszibarackosokban lép fel (Daines és Trout 1977; Ries és Royse 1977, 1978),

sőt egyes szerzők szerint lisztharmatgomba-micélium is megfigyelhető volt a rozsdás foltokon (*Daines és mtsai. 1960, Ries és Royse 1977*). Ezen ismeretek alapján az őszibarack-gyümölcsök rozsdás foltosságáért általánosságban az almalisztharmatot okozó *P. leucotricha* lisztharmatgombát tekintették felelősnek, jóllehet a kórokozó meggyőző azonosítására egyetlen munkában sem került sor. Más szerzők ezzel szemben nem mutattak ki sem gomba-, sem más kórokozóra utaló képleteket a parás foltokon (*Sprague és Figaro 1956*). Ellentmondásos eredményeket közöltek továbbá a *P. leucotricha* inokulumával őszibarackon végzett mesterséges fertőzési kísérletek alapján is. *Ries és Royse (1978)* szerint a *P. leucotricha* nem okozott tüneteket őszibarackon a mesterséges fertőzési kísérletekben, míg *Manji (1972)* szerint kialakultak a rozsdás foltosságra jellemző tünetek. Ez utóbbi munkában azonban nem egyértelmű, hogy a mesterséges fertőzési kísérletek izolált körülmények között történtek-e (*Daines és Trout 1977*), tehát nem zárható ki egyéb lisztharmatgombák inokulumának jelenléte sem. Mindezek alapján a szakirodalomban az almalisztharmatot okozó *P. leucotricha* szerepét az őszibarack rozsdás foltosságának kialakulásában nem tekintették bizonyítottnak. További kérdést vet fel, hogy az őszibarackon világszerte lisztharmatos tüneteket okozó *P. pannosa* (syn. *Sphaerotheca pannosa*) életciklusa, kóroktana jól ismert ugyan, de szerepe a rozsdás foltok kialakulásában nem tisztázott. A *P. pannosa* ivartalan alakja morfológiai tulajdonságai alapján hasonlít a *P. leucotricha* ivartalan alakjához (*Braun 1995*), a két kórokozó meggyőző azonosítására és elkülönítésére éppen ezért precízebb módszerek alkalmazása szükséges.

Az őszibarack rozsdás foltossága az 1990-es évektől kezdve egyre komolyabb veszteségeket okozott a szerbiai őszibarack-termesztésben, elsősorban a későn érő fajták, pl. a Summerset, Suncrest és Fayette fajták esetében (*Dolovac és mtsai. 2009*). Munkánk során célul tűztük ki a betegség kóroktanának, kialakulásának és lefolyásának tisztázását, annak érdekében, hogy kidolgozhatóvá váljon egy olyan növényvédelmi technológia, amely biztosítja a betegség visszaszorítását. Ennek érdekében az alábbi célkitűzéseket fogalmaztuk meg: (1) a rozsdás foltosság kórokozójának azonosítása, (2) az őszibarack-gyümölcsök fertőződési idejének meghatározása, (3) a *P. leucotricha* és a *P. pannosa* által az őszibarack gyümölcsén, hajtásán és levelén okozott tünetek összehasonlítása.

Anyagok és módszerek

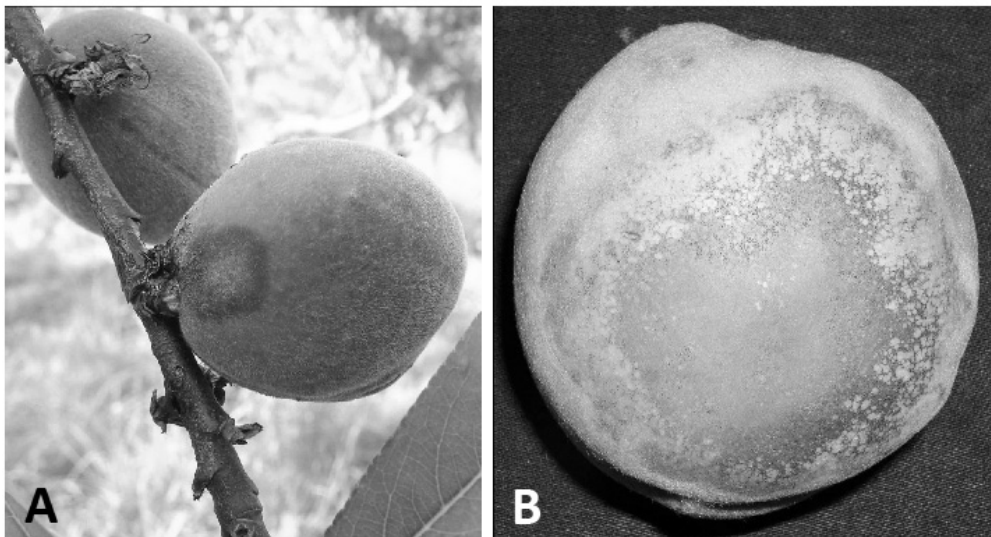
Kiterjedt üvegházi és szabadföldi keresztfertőzési kísérleteket végeztünk Szerbiában és Franciaországban a *P. leucotricha* és a *P. pannosa* lisztharmatgomba fajokkal, emellett a parás foltokból különböző fenológiai fázisokban kivont DNS-mintákban meghatároztuk a kórokozó rDNS ITS-szekvenciáit. Az ITS-szekvenciák felhasználása a lisztharmatgombák fajszintű azonosítása során az elmúlt évtizedekben széles körben elterjedt (*Saenz és Taylor 1999, Takamatsu és mtsai. 2002, Kiss és mtsai. 2005, Jankovics és mtsai. 2008, Kiss és mtsai. 2008*), és a jelen munkában vizsgált lisztharmatgombák esetében is jól alkalmazható (*Cunnington és mtsai. 2005*).

A rozsdás foltosság tüneteit mutató fiatal őszibarack-gyümölcsök begyűjtésére 2007, 2008 és 2009 tavaszán került sor szerbiai őszibarack-ültetvényekben, tipikus lisztharmat-tüneteket mutató őszibarack- és nektarin-gyümölcsöket és hajtásokat pedig franciaországi ültetvényekben gyűjtöttünk 2007 és 2008 tavaszán. A rozsdás és lisztharmatos foltokat pengével távolítottuk el az érintett növényi szövet vékony rétegével együtt, majd a mintákat préselve szárítottuk. Az ily módon előállított herbáriumi mintákat a továbbiakban fénymikroszkópos és DNS-vizsgálatokhoz használtuk fel illetve nemzetközi herbáriumi gyűjteményekben helyeztük el Halleban, Németországban és Beltsville-ben, az Egyesült Államokban. A préselt herbáriumi mintákból nyert teljes genomi DNS-ből kétlépcsős polimeráz-láncreakcióval lisztharmatgomba-specifikus majd gomba-specifikus primerek felhasználásával felszaporítottuk az rDNS ITS-régiót, majd szekvenálási reakció segítségével meghatároztuk annak bázissorrendjét. Az így kapott ITS-szekvenciákat nemzetközi adatbázisban (GenBank-ben) deponáltuk és összehasonlítottuk az ott felelhető ITS-szekvenciákkal.

A mesterséges fertőzési kísérleteket izolált körülmények között üvegházban végeztük fertőzésmentes őszibarack- és alma magoncokon. Az őszibarack magoncokat a *P. pannosa* és a *P. leucotricha* nagymennyiségű konídiumával, míg az alma magoncokat a rozsdás foltosság kórokozójával inokuláltuk. Szabadföldön őszibarack-ültetvényben, ahol a rozsdás foltosság korábbi megjelenése nem volt ismert, teljes őszibarack-hajtásokat inokuláltunk a *P. leucotricha* inokulumával különböző időpontokban rügyfakadástól egészen az 5 cm gyümölcstátmérővel jellemezhető fenológiai fázisig.

Eredmények és következtetések

Mesterséges fertőzési kísérletek és rDNS ITS-szekvenciák alapján bizonyítottuk, hogy az almalisztharmat kórokozója, a *P. leucotricha* okozza az őszibarack-gyümölcsök rozsdás foltosságát (Jankovics és mtsai. 2011). Mindezt alátámasztja a rozsdás foltokból meghatározott ITS-szekvenciáink egyéb *P. leucotricha*-mintákban korábban meghatározott ITS-szekvenciákkal való azonossága, a rozsdás foltosság tüneteinek kialakulása a *P. leucotricha* inokulumával végzett mesterséges fertőzéseket követően szabadföldi kísérletekben, valamint az almamagoncoknak a rozsdás foltosság kórokozója által történő fertőződése üvegházi kísérletekben.



1. ábra. Az őszibarack rozsdás foltosságának tünetei fiatal (A) és érett (B) őszibarack-gyümölcsökön. A betegséget az almalisztharmat kórokozójaként ismert *Podosphaera leucotricha* okozza

Megállapítottuk, hogy csak a nagyon fiatal, 5 cm átmérőnél kisebb őszibarack-gyümölcsök fertőzhetők az almalisztharmat kórokozójával (1.A ábra), és ily módon lehetővé vált a betegség elleni fungicides kezelések időzítése (Jankovics és mtsai. 2011). A fertőzött gyümölcsökön az érési folyamat során egyre nagyobb méretű parás foltok alakulnak ki (1.B ábra), amelyek Ries és Royse (1978) szerint az érintett epidermisz-sejtek növekedésével jönnek létre, ami nem jár együtt a betegség aktív terjedésével, vagyis a kórokozó telepének növekedésével. Másodlagos fertőzést nem figyeltünk meg a kísérleteinkben, és korábbi munkák sem számoltak be a rozsdás foltosság másodlagos tüneteinek kialakulásáról, ami szintén arra utal, hogy csak rövid ideig tart az az időszak, amikor a *P. leucotricha* sporulációja megfigyelhető a rozsdás foltokon.

A *P. leucotricha* nem fertőzte a fiatal őszibarack-hajtásokat és leveleket. Ezzel szemben az őszibarack-lisztharmatot okozó *P. pannosa* mind a fiatal gyümölcsöket, mind pedig a leveleket és hajtásokat fertőzte, azonban a fertőzések nem vezettek el parás foltok kialakulásához. A tipikus, sporulációval jellemezhető lisztharmattünetek tehát minden esetben

P. pannosa-fertőzés következtében alakultak ki az őszibarack levelén, hajtásán és gyümölcsén, míg a *P. leucotricha* okozta rozsdás foltok kizárólag az őszibarack-gyümölcsökre korlátozódtak. A rozsdás foltok minden bizonnyal az őszibarack-gyümölcsök bőrszövetének egyfajta hiperszenzitív-típusú reakcióját jelentik egy „idegen”, de a gyümölcsfejlődés egy rövid szakaszában megtelepedni képes kórokozó, a *P. leucotricha* fellépése következtében (Jankovics és mtsai. 2011).

Köszönetnyilvánítás

A közlemény részben a Jankovics Tünde részére odaítélt Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

Irodalom

- Blodgett, E. C. (1941) Rusty spot of peach. *Plant Dis. Rep.* 25: 27-28.
- Braun, U. (1995) The Powdery Mildews (Erysiphales) of Europe. Gustav Fischer Verlag, Jena, Germany.
- Cunnington, J. H., Lawrie, A. C., Pascoe, I. G. (2005) Genetic variation within *Podosphaera tridactyla* reveals a paraphyletic species complex with biological specialization towards specific *Prunus* subgenera. *Mycol. Res.* 119: 357-362.
- Daines, R. H., Haenseler, C. M., Brennan, E., Leone, I. (1960) Rusty spot of peach and its control in New Jersey. *Plant Dis. Rep.* 44: 20-22.
- Daines, R. H., Trout, J. R. (1977) Incidence of rusty spot of peach as influenced by proximity to apple trees. *Plant Dis. Rep.* 61: 835-836.
- Dolovac, N., Gavrilović, V., Miletić, N. (2009) Control of rusty spot of peach in Serbia. In: 7th International Peach Symposium. Abstract. Lleida, Spain.
- Furman, L. A., Lalancette, N., White, J. F. Jr. (2003) Peach rusty spot epidemics: temporal analysis and relationship to fruit growth. *Plant Dis.* 87: 366-374.
- Jankovics, T., Bai, Y., Kovács, G. M., Bardin, M., Nicot, P. C., Toyoda, H., Matsuda, Y., Niks, R. E., Kiss, L. (2008) *Oidium neolycopersici*: intraspecific variability inferred from AFLP analysis and relationship with closely related powdery mildew fungi infecting various plant species. *Phytopathology* 98: 529-540.
- Jankovics, T., Dolovac, N., Bulajić, A., Krstić, B., Pascal, T., Bardin, M., Nicot, P. C., Kiss, L. (2011) Peach rusty spot is caused by the apple powdery mildew fungus, *Podosphaera leucotricha*. *Plant Dis.* 95: 719-724.
- Kiss, L., Jankovics, T., Kovács, G. M., Daughtrey, M. L. (2008) *Oidium longipes*, a new powdery mildew fungus on petunia in the USA: a potential threat to ornamental and vegetable solanaceous crops. *Plant Dis.* 92: 818-825.
- Kiss, L., Takamatsu, S., Cunnington, J. H. (2005) Molecular identification of *Oidium neolycopersici* as the casual agent of the recent tomato powdery mildew epidemics in North America. *Plant Dis.* 89: 491-496.
- Manji, B. T. (1972) Apple mildew on peach. Abstract. *Phytopathology* 62: 776.
- Ries, S. M., Royse, D. J. (1977) Rusty spot of peach in Illinois. *Plant Dis. Rep.* 61: 317-318.
- Ries, S. M., Royse, D. J. (1978) Peach rusty spot epidemiology: incidence as affected by distance from a powdery mildew infected apple orchard. *Phytopathology* 68: 896-899.
- Saenz, G. S., Taylor, J. W. (1999) Phylogeny of the Erysiphales (powdery mildews) inferred from internal transcribed spacer ribosomal DNA sequences. *Can. J. Bot.* 77: 150-168.
- Sprague, R., Figaro, P. (1956) Rusty spot, powdery mildew, and healthy skin of peach fruits compared histologically. Abstract. *Phytopathology* 46: 640.
- Takamatsu, S., Shin, H.-D., Paksiri, U., Limkaisang, S., Taguchi, Y., Thi Binh, N., Sato, Y. (2002) Two *Erysiphe* species associated with recent outbreak of soybean powdery mildew: results of molecular phylogenetic analysis based on nuclear rDNA sequences. *Mycoscience* 43: 333-341.

FUNGICIDEK ÉS FUNGICID-REZISZTENCIÁK

KISS LEVENTE, BEREZKY ZSOLT, VÁCZY KÁLMÁN ZOLTÁN, KOVÁCS M. GÁBOR

*MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani Osztály
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
kiss.levente@agrar.mta.hu*

Az "LHNV2008" jelű Nemzeti Kutatás-Fejlesztési Program valamint a K73565 számú OTKA-projekt keretében 2010-2012 között felmértük a hazai szőlő-, alma- és paprikalisztharmat-populációk strobilurin- és DMI-típusú fungicidekkel szembeni rezisztenciájának mértékét provokációs szabadföldi kísérletekben valamint általunk fejlesztett laboratóriumi fungicid-rezisztencia tesztek és saját fejlesztésű DNS-markerek alkalmazásával egyaránt. A szabadföldi provokációs kísérletek és a laboratóriumi fungicid-rezisztencia vizsgálatok egyértelműen jelezték mind a strobilurin-, mind pedig a DMI-rezisztencia jelenlétét a hazai termőterületeken. A DNS-vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a strobilurin-rezisztencia markereként ismert, az mtDNS *CYTB*-génjében előforduló G143A pontmutáció széles körben kimutatható a hazai szőlő-, alma- és lisztharmat-populációkban. Ezzel szemben a DMI-rezisztencia egyik markere, a *CYP51*-gén Y136F pontmutációja nem volt kimutatható az általunk vizsgált mintákban, jóllehet mind a provokációs szabadföldi, mind pedig a laboratóriumi fungicid-rezisztencia tesztek jelezték a DMI-rezisztencia előfordulását egyes mintákban.

Bevezetés

Az egyetlen specifikus hatáshelyű fungicidek esetén jól ismert jelenség a növénykórokozók populációiban viszonylag gyorsan és gyakran kialakuló rezisztencia, amelyet az alkalmazott szerek hatékonyságának csökkenése, sőt, esetleg teljes hatástalansága jelez a termelőknek. Mindez a strobilurin vagy QoI ("quinone outside inhibitor") és a DMI ("demethylation inhibitor") fungicid-csoportokba tartozó vegyületek esetében nemzetközi szinten jól dokumentáltan, több évtizede kimutatható szabadföldi körülmények között éppúgy, mint laboratóriumi kísérletekben, úgynevezett klasszikus fungicid-rezisztencia tesztek segítségével és molekuláris, DNS-alapú markerek alkalmazásával egyaránt.

A strobilurin-rezisztencia legbiztosabb molekuláris markerének a rezisztens növénykórokozók törzseiben a citokróm-b fehérjéket a mitokondriális genomban (az mtDNS-ben) kódoló *CYTB*-gén G143A jelű pontmutációját tekintik, amely a citokróm-b fehérjékben a 143. pozícióban levő aminosav cseréjéhez vezet (*Fernández-Ortuno és mtsai. 2008, Ishii 2009*). A DMI-típusú fungicidek elleni rezisztencia egyik jól ismert molekuláris markere az eburicol 14 α demetiláz enzimet kódoló *CYP51*-génben fellépő, az enzim 136. pozícióban levő aminosavát kódoló kodonban bekövetkezett, Y136F jelű pontmutáció (*Dufour és mtsai. 2011*).

Az "LHNV2008" jelű Nemzeti Kutatás-Fejlesztési Program valamint a K73565 számú OTKA-projekt keretében 2010-2012 között felmértük a hazai szőlő-, alma- és paprikalisztharmat-populációk strobilurin- és DMI-típusú fungicidekkel szembeni rezisztenciájának mértékét provokációs szabadföldi kísérletekben valamint általunk fejlesztett laboratóriumi fungicid-rezisztencia tesztek és saját fejlesztésű DNS-markerek alkalmazásával egyaránt. A szőlő- és almaültvényekben valamint hajtattott paprikaültvényekben végzett provokációs kísérletekben strobilurin-domináns, DMI-domináns és strobilurin+DMI-domináns technológiákat alkalmaztunk, amelyek a kísérleti parcellák többségén megnövelték a szőlőlisztharmat-fertőzöttség mértékét az üzemi kezelésekhöz képest (*Schmidt és Váczy 2013*). Kimutattuk, hogy a strobilurin-rezisztencia molekuláris markere széles körben elterjedt a hazai szőlő-, alma- és lisztharmat-populációkban (*Kiss és mtsai. 2012*). E dolgozatban a két projekt további eredményeit ismertetjük.

Anyagok és módszerek

A hazai szőlő-, alma- és paprikalisztharmat-populációk strobilurin- és DMI-típusú fungicidekkel szembeni rezisztenciájának felmérése érdekében 2009-2012 között nagyszámú mintát gyűjtöttünk a legfontosabb hazai termőterületekről. Ezek közül az ászár-neszmélyi, egri, kunsági, pécsi és szekszárdi borvidékeken gyűjtött szőlőlisztharmat-minták közül összesen 55, a Szabolcs-Szatmár-Bereg, Fejér és Pest megyékben gyűjtött almalisztharmat-minták közül összesen 14, a Csongrád és Heves megyékben gyűjtött paprikalisztharmat-minták közül pedig összesen 17 mintát vontunk be a *CYTB*-gén G143A pontmutációjának és a *CYP51*-gén Y136F pontmutációjának vizsgálatát célzó molekuláris munkákba. Ezek első lépéseként nested-PCR módszer segítségével ellenőriztük a minták lisztharmat-DNS tartalmát a riboszomális DNS (rDNS) ún. ITS (Internal Transcribed Spacer) régiójának felszaporításával. Ezt követően a pozitív DNS-mintákból PCR-módszerrel, általunk fejlesztett láncindító szekvenciák (primerek) felhasználásával felszaporítottuk a G143A pontmutációt esetlegesen hordozó *CYTB*-génszakaszt ill. az Y136F pontmutációt esetlegesen hordozó *CYP51*-génszakaszt. A PCR-termékek nukleotid-sorrendjét klónozásukat követően határoztuk meg, pGEMT-Easy kit (Promega) vagy TOPO® TA Cloning® kit (Invitrogen) felhasználásával.

A begyűjtött és gazdanövényeik levelein, becserepezett növényeken fenntartott lisztharmat-izolátumok egy részével klasszikus fungicid-rezisztencia tesztek is végeztünk a klasszikus "mérgezett agaros" módszer valamint csoportunk által kifejlesztett know-how eljárás alapján. Ez utóbbi vizsgálatokban a szőlő-, alma- ill. paprikalisztharmat konídiumok csírázását vizsgáltuk különböző koncentrációjú fungicid-szuspenziókkal kezelt gazdanövény-leveleken.

Eredmények és következtetések

A laboratóriumi fungicid-tesztek közül nemzetközi szinten talán a legelterjedtebbek az ún. "mérgezett agaros" és, különösen biotróf növénykórokozók esetében, az ún. úsztatott levélkorongos vizsgálatok. Az MTA ATK NÖVI által kidolgozott ún. egész-növényes fungicid-rezisztencia teszt, mint új know-how, a szakirodalomban ismert módszereknél megbízhatóbb képet ad egy adott növénykórokozó fungicid-rezisztenciájáról, mivel a lehető legpontosabban tükrözi azokat a viszonyokat, amelyek során a kórokozók a valós szabadföldi körülmények között kapcsolatba kerülnek a kijuttatott fungicid-molekulákkal. Az egyébként nagyon munka- és helyigényes módszer során becserepezett gazdanövények különböző koncentrációjú felszívódó vagy transzlamináris hatású fungicid-szuspenziókkal kezelt levelein vizsgáljuk a lisztharmat-konídiumok csírázását 24 óra alatt, azt követően, hogy a fungicid növényen keresztül történő felszívódása és transzlokációja megtörtént. A konídiumokat cellux-szalaggal eltávolítjuk a levélfelületről és fénymikroszkópos módszerrel meghatározzuk a csírázás mértékét (1. ábra). Összehasonlítottuk az új know-how módszerrel kapott eredményeket a klasszikus "mérgezett agaros" eljárással, amely során az adott fungicidet vizes agarba kevertük megfelelő koncentrációkban, és ezek felületén vizsgáltuk a szőlő-, alma- és paprikalisztharmat-konídiumok csírázását (2. és 3. ábra). Az így kapott eredményeket azonban nagy mértékben befolyásolta az, hogy a konídium-tömeg egy része nem került közvetlen kapcsolatba a fungiciddel a vizes agaros lemezekben, ezért jóval magasabb volt a konídiumok csírázási %-a mint a levelek felületén, ahol a konídiumok a levélszöveteken keresztül ható fungicid-molekulákkal kerültek kapcsolatba.



1. ábra. Közel 100%-ban csírázó *Leveillula taurica* konídiumok cellux-szalaggal eltávolítva egy 50 mg/l azoxistrobin oldattal permetezett paprikalevélről, 24 órával az inokulációt követően. A vizsgált paprikalisztharmat-minta tehát totális strobilurin-rezisztenciát mutat. (Fáziskontraszt-optika)



2. ábra. Egy csírázó és egy nem csírázó szőlőlisztharmat-konídium a kontroll vizes agarlemezen. A csillaggal jelölt konídiumot nem vesszük figyelembe a csírázási százalék megállapításánál mivel elöregedett, nem tűnik csíráképesnek. (Nomarski- vagy DIC-optika)



3. ábra. Öt almalisztharmat-konídium 24 órával a csírázási teszt megkezdését követően, 0,5 mg/l azoxistrobin-tartalmú, celofánnal fedett vizes agaron. A csíratömlőt képzett konídiumot csillag jelzi. (Nomarski- vagy DIC-optika)

A DNS-vizsgálatok a strobilurin-rezisztencia esetében megerősítették a klasszikus fungicid-rezisztencia tesztek eredményeit, mivel változó arányban ugyan, de két szőlőlisztharmat-minta kivételével valamennyi szőlő-, alma- és paprikalisztharmat-mintában kimutatható volt a *CYTB*-gén G143A pontmutációja (Kiss és mtsai. 2012). Ezt korábban Taksonyi és mtsai. (2009) is jelezték a hazai szőlőlisztharmat-populációk esetében.

Érdekes módon egyetlen vizsgált lisztharmat-mintában sem sikerült kimutatni a DMI-rezisztencia egyik megbízható markereként ismert Y136F pontmutációt (Dufour és mtsai. 2011) a *CYP51*-génben: valamennyi szekvencia a DMI-érzékenységet jelző TAT kodont hordozta a *CYP51*-gén 136. pozíciójában, azokban a mintákban is, amelyekben a klasszikus módszerek jelezték a DMI-rezisztenciát.

Köszönetnyilvánítás

Vizsgálatainkat a "Lisztharmat elleni növényvédelmi technológiák és monitoring szolgáltatás fejlesztése gazdaságilag jelentős növénykultúrákban (LHNV2008 TECH_08-A3/2-2008-0375)" c. projekt keretein belül a Nemzeti Kutatás-Fejlesztési Program valamint a K73565 számú OTKA-projekt támogatásával végeztük.

Irodalom

- Dufour M.C., Fontaine, S., Montarry, J., Corio-Costet, M.F. (2011) Assessment of fungicide resistance and pathogen diversity in *Erysiphe necator* using quantitative real-time PCR assays. *Pest Manage. Sci.* 67: 60-69.
- Fernández-Ortuno, D., Torés, J.A., de Vicente, A., Pérez-García, A. (2008) Mechanisms of resistance to QoI fungicides in phytopathogenic fungi. *Int. Microbiology* 11: 1-9.
- Ishii, H. (2009): QoI Fungicide Resistance: Current Status and the Problems Associated with DNA-Based Monitoring. In: Gisi, U. et al. (eds.): Recent Developments in Management of Plant Diseases. Plant Pathology in the 21st Century, Volume 1, pp. 37-45.
- Kiss L., Bereczky Zs., K. Jáger E., Kovács M. G., Batta Gy., Deák T., Fekete E., Fekete É., Váczy Zs., Váczy K. Z., Bisztray Gy. D., Boróczy G., Cs. Krizsics A., Holb I., Kaptás T., Karaffa L., Kocsis M., Ifj. Kozma P., Mukli D., Schmidt Á., Sipiczki M., Téglá Zs. (2012) A strobilurin-rezisztencia molekuláris markere széles körben elterjedt a hazai szőlő-, alma- és paprikalisztharmat-populációkban. *Növényvédelem* 48: 489-499.
- Schmidt Á., Váczy K.Z. (2013) Szabadföldi kísérletek, tapasztalatok a szőlő lisztharmat elleni védekezésben. XIV. Szőlészeti és Borászati Konferencia, Eger.
- Taksonyi P., Füzi I., Kocsis L. (2009) A szőlő egyes kórokozóinak QoI-fungicidekkel szembeni rezisztenciájának kialakulása Magyarországon. *Növényvédelem* 45: 361-366.

STRESSZ VÉDŐVEGYÜLETEK MENNYISÉGI VÁLTOZÁSA BÚZA × LISZTHARMAT GAZDANÖVÉNY × KÓROKOZÓ KAPCSOLATBAN

PÁL MAGDA, KOVÁCS VIKTÓRIA, VIDA GYULA, SZALAI GABRIELLA, JANDA TIBOR

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Növényélettani Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
pal.magda@agr.ar.mta.hu

A stresszválaszban szerepet játszó vegyületek (szalicilsav, poliaminok, antioxidáns enzimek) és négy búzatörzs (*Triticum aestivum* L.) lisztharmattal (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f.sp. *tritici* Ém. Marchal) szembeni ellenállósága közötti kapcsolatot vizsgáltuk üvegházi kísérletben. A négy törzs endogén szalicilsav-tartalma különbözött, melyben a fertőzés hatására egyértelmű változás nem következett be sem a búza genotípusok szabad, sem pedig a kötött szalicilsav-tartalmában. A poliaminok mennyisége és az antioxidáns enzimek aktivitása a fertőzést követően valamennyi búza genotípusban megnőtt, annak ellenére, hogy a négy törzs fertőzöttsége eltérő (két búzatörzs fogékony, kettő rezisztens) volt. A korrelációanalízis eredménye alapján megállapítható, hogy a szalicilsav, a poliaminok és az antioxidáns enzimek mennyisége között több esetben szoros és lineáris kapcsolat mutatható ki, valamint mindezen védő vegyületeknek fontos szerepe van a növényi stresszválaszban és védekezésben a búza × lisztharmat gazdanövény × kórokozó kapcsolatban is. Ennek ellenére a vizsgált vegyületek kezdeti szintjei, illetve lisztharmatfertőzés hatására bekövetkező változásai és a betegség-ellenállóság mértéke között nincs kimutatható összefüggés.

Bevezetés

A búzalisztharmat [*Blumeria graminis* (DC.) Speer f.sp. *tritici* Ém. Marchal] minden bizonnyal a búza legismertebb, gyakori és egyik leggyorsabban alkalmazkodó kórokozója. A világ valamennyi búzatermesztő régiójában előfordul, Magyarországon minden évben megjelenik. Erős fertőzések fogékony fajtán 40%-os termésvesztést is okozhat. Éppen ezért a búzanevelési programokban még napjainkban is jelentős szelekciós kritérium a lisztharmattal szembeni ellenállóság javítása (Vida és mtsai. 2007). Ahhoz, hogy rezisztens növényeket hatékonyan lehessen előállítani, a növények egyes védekező és szabályozási folyamatait is ismernünk kell.

Mint minden stresszfolyamat, a lisztharmatfertőzés is oxidatív stresszt indukál (Harrach és mtsai. 2008), ami pedig védekező mechanizmusok sorának aktiválódását eredményezi. Ezek egyikéhez tartoznak a reaktív oxigénformákat közömbösítő antioxidáns enzimek. A szabályozó szerepet betöltő, a növényekben a sejtosztódástól a virágzásig a növekedési- és fejlődésélettani folyamatokhoz szükséges poliaminok (PAs) antioxidáns szerepe szintén bizonyított (Kuznetsov és Shevyakova 2007). Megfigyelték, hogy a stressztűrő növényekben a lisztharmatfertőzést követően két-háromszorosára is emelkedhet a poliaminok mennyisége (Cowley és Walters 2002). A szalicilsav (SA) mind biotikus, mind abiotikus stresszfolyamatok során jól ismert jelátvivő molekula, melynek nem enzimátikus antioxidánsként betöltött lehetséges szerepét szintén leírták (Noreen és mtsai. 2009). Továbbá napjainkban a SA-függő jelátvitelnek az antioxidáns rendszerrel és poliaminokkal való kapcsolatát vizsgáló tanulmányok is megjelentek, ugyanakkor e rendszer működésének pontos mechanizmusa még nem tisztázott (Horváth és mtsai. 2007., Szepesi és mtsai. 2011).

Munkánkban különböző endogén SA-tartalmú búza genotípusokban a lisztharmatfertőzést követően fellépő változásokat tanulmányozásával a SA és egyéb, a védekezésben szerepet játszó vegyületek kapcsolatát vizsgáltuk.

Anyagok és módszerek

Korábbi szántóföldi kísérletek eredményei alapján eltérő SA-tartalmúnak bizonyult négy Thatcher-alapú közel-izogén búzatörzssel – melyek közül kettő kis (TC9: Thatcher*6/Transfer; TC26: Thatcher*6/ST-1.25), kettő pedig nagy (TC19: Thatcher*7/Translocation4; TC33: Thatcher*6/P.I.58548) endogén SA-tartalmú– üvegházi kísérletet állítottunk be. Vernalizációt követően (28 nap, 2°C) a búzanövényeket a következő körülmények között üvegházban neveltük (2 növény/cserép): 22/16°C (nappal/éjszaka), 16 órás megvilágítás. A lisztharmatfertőzést ismert virulenciaspektrummal rendelkező patotípusok keverékével végeztük (Pm0, 1, 2, 3a, 3b, 3c, 3d, 3f, 4a, 4b, 5, 6, 7, 8, 17, 2+6, 2+4b+8, 1+2+9 and 2+Mld) a növények GS45 fejlettségi állapotában (kalász hasban), a konídiumok levélfelületre szórásával. A mérésekhez a zászlóslevelet, valamint az az alatti három levélemelet leveleit használtunk, melyeket a kontroll és fertőzött növényekről a fertőzést követő 3. illetve 7. napon gyűjtöttünk be. Az enzimmérésekhez 0,5 g növényi anyagot dörzsöltünk el 2,5 ml 0,5 M Trisz-HCl (pH 7,5) pufferben (3 mM MgCl₂, 1 mM EDTA). A kataláz, aszskorbát-peroxidáz (APX), a gvajakol-peroxidáz (GPX), a glutation-reduktáz és a glutation-S-transzferáz méréseket a *Pál és mtsai. (2005)* által leírtaknak megfelelően végeztük. A SA-mérésekhez 1 g növényi részt használtunk, a mintaelőkészítés és HPLC mérés *Pál és mtsai. (2005)* alapján történt. A poliamin-mérésekhez 0,5 g növényi mintát mértünk ki, a mintaelőkészítés és HPLC-analízis a *Pál és mtsai. (2013)* alapján történt. A statisztikai analízishez kétmintás t-próbát használtunk.

Eredmények és következtetések

A négy vizsgált törzs lisztharmat rezisztenciája eltérő volt a kísérletben. A TC9 törzs fertőzöttsége 1-es, TC19-esé 3-as, TC26-osé 9-es, a TC33-é pedig 7-esértéket ért el a 0–9-es (0= nincs fertőződés; 9=nagyon fogékony) Saari-Prescott skálán (*Saari és Prescott 1975*), azaz a TC9 és TC 19 rezisztens, míg a TC26 és TC33 törzs fogékonyvolt. Az eltérő kezdeti endogén szalicilsav-tartalommal rendelkező négy búzatörzsből a lisztharmatfertőzés mindössze a fogékony genotípusok (TC26 és TC33) kötött SA tartalmában okozott szignifikáns változást, bár ennek iránya nem egyértelmű (*1. táblázat*).

1. táblázat. A szalicilsav mennyiségének változása (ng g⁻¹ friss tömeg) szabad és kötött formában lisztharmatfertőzést követő 3. és 7. napon. (*:p<0,05szinten szignifikáns a kontrollhoz viszonyítva)

Kezelések	szabad SA	kötött SA
TC9		
Kontroll 3. nap	80,02±6,72	362±165,89
Fertőzött 3. nap	115,02±17,27	255,24±59,66
Kontroll 7. nap	93,26±14,77	261,57±41,71
Fertőzött 7. nap	102,27±26,6	340,88±109,37
TC19		
Kontroll 3. nap	133,79±14,71	676,82±146,78
Fertőzött 3. nap	139,36±15,78	560,98±53,95
Kontroll 7. nap	200,83±46,11	555,58±58,47
Fertőzött 7. nap	223,38±32,75	1011,72±199,29
TC26		
Kontroll 3. nap	71,65±6,07	284,32±115,43
Fertőzött 3. nap	67,98±8,94	329,97±49,29
Kontroll 7. nap	163,26±55,02	301,28±123,12
Fertőzött 7. nap	118,01±12,51	271,56±44,09*
TC33		
Kontroll 3. nap	123,68±17,76	687,46±96,65
Fertőzött 3. nap	102,02±11,56	460,69±21,47**
Kontroll 7. nap	190,06±28,72	481,03±20,56
Fertőzött 7. nap	233,99±28,45	752,26±198,8*

Ugyanakkor a poliaminok közül a spermidin – szabad és konjugált formában egyaránt – mennyisége már a fertőzést követő 3. naptól, míg a spermin mennyisége a 7. napon statisztikailag igazolhatóan megemelkedett valamennyi genotípusban (2. táblázat).

2. táblázat. A szabad (sz.) és konjugált (k.) spermidin ill. spermin mennyiségi változása ($\mu\text{g g}^{-1}$ friss tömeg) a lisztharमतfertőzést követő 3. és 7. napon. (*:p<0,05; **:p<0,01; ***:p<0,001 szinten szignifikáns a kontrollhoz viszonyítva)

Kezelések	sz. spermidin	sz. spermin	k. spermidin	k. spermin
TC9				
Kontroll 3. nap	1,48±0,24	0,94±0,22	1,26±0,12	0,52±0,11
Fertőzött 3. nap	2,01±0,17**	0,82±0,16	1,88±0,42*	0,37±0,1
Kontroll 7. nap	1,37±0,25	0,9±0,14	1,43±0,24	0,71±0,09
Fertőzött 7. nap	2,11±0,18***	1,5±0,27**	2,77±0,5***	1,02±0,15**
TC19				
Kontroll 3. nap	1,56±0,18	1,6±0,2	1,56±0,19	1,27±0,2
Fertőzött 3. nap	2,21±0,17***	1,01±0,23**	2,78±0,66**	0,76±0,18**
Kontroll 7. nap	2,4±0,31	1,54±0,33	2,56±0,25	1,13±0,18
Fertőzött 7. nap	3,6±0,47**	2,18±0,33*	3,56±0,68*	1,6±0,33*
TC26				
Kontroll 3. nap	1,35±0,12	0,7±0,1	1,67±0,21	0,72±0,07
Fertőzött 3. nap	2,1±0,14***	0,64±0,12	3,05±0,51***	0,6±0,11
Kontroll 7. nap	2,79±0,14	0,81±0,09	2,53±0,55	0,72±0,08
Fertőzött 7. nap	4,15±0,36***	1,76±0,16***	3,72±0,5**	1,4±0,34**
TC33				
Kontroll 3. nap	1,76±0,11	0,91±0,09	1,48±0,38	0,58±0,13
Fertőzött 3. nap	2,23±0,13***	0,46±0,07***	2,91±0,6**	0,33±0,08**
Kontroll 7. nap	2,46±0,28	0,98±0,2	2,65±0,4	0,67±0,12
Fertőzött 7. nap	4,31±0,43***	1,5±0,23**	4,08±0,62**	1,19±0,3**

3. táblázat. Az aszkorbát- (APX) és gvajakol-peroxidáz (GPX) aktivitás változása (nkatal g^{-1} friss tömeg) a lisztharमतfertőzést követő 3. és 7. napon. A táblázat az átlag (n=5) és a szórás értékeket tartalmazza. (**:p<0,01; ***:p<0,001 szinten szignifikáns a kontrollhoz viszonyítva)

Kezelések	APX	GPX
TC9		
Kontroll 3. nap	191,1±21,33	629,4±88
Fertőzött 3. nap	181,01±10,09	929,61±59,7***
Kontroll 7. nap	139,79±23,65	655±94,5
Fertőzött 7. nap	208,45±22,21**	962,5±112,4**
TC19		
Kontroll 3. nap	160,59±17,2	284,37±106,3
Fertőzött 3. nap	177,14±18,64	754,1±108,9***
Kontroll 7. nap	159,93±21,16	532,81±13,06
Fertőzött 7. nap	232,8±11,78***	861,5±65,64***
TC26		
Kontroll 3. nap	174,31±15,78	230±74,5
Fertőzött 3. nap	205,6±6,32**	952,5±51,05***
Kontroll 7. nap	150,19±27,59	704,08±80,9
Fertőzött 7. nap	219,3±20,81**	1025,41±143,84**
TC33		
Kontroll 3. nap	169,5±17,32	487,9±187,09
Fertőzött 3. nap	184,3±4,83	917,96±44,36**
Kontroll 7. nap	158,1±34,08	663,36±78,8
Fertőzött 7. nap	247±22,05**	1044,4±68,24***

Az antioxidáns enzimek közül az APX a fertőzést követő 7. napon, a GPX pedig már a 3. naptól kezdve megemelkedett valamennyi vizsgált búzatörzsben (3. táblázat).

A korreláció analízis eredménye alapján megállapítható, hogy a szalicilsav, a poliaminok, továbbá az antioxidáns enzimek mennyisége között több esetben szoros és lineáris kapcsolat mutatható ki, valamint mindezen védő vegyületeknek fontos szerepe van a növényi stressz válaszban és a biotikus stressz-szel szembeni védekezésben. Ennek ellenére a vizsgált vegyületek kezdeti szintjei illetve liztharmat fertőzés hatására bekövetkező változásai és a liztharmat-ellenállóság mértéke között összefüggés nincs (Pál és mtsai. 2013). Mivel a rezisztencia kialakulásában az említettekén kívül más anyagok és folyamatok is részt vesznek (pl. egyes ismeretlen funkciójú rezisztenciagének jelenléte), ezért a kórokozók elleni még eredményesebb harchoz további részletes vizsgálatok elvégzése szükséges.

Köszönetnyilvánítás

A munkát az OTKA (PD 83840) támogatta, Pál Magda Bolyai János Kutatási Ösztöndíjban részesül.

Irodalom

- Asthir B., Koundal A., Bains N. S., Mann S. K. (2010) Stimulation of antioxidative enzymes and polyamines during stripe rust disease of wheat. *Biol. Plant.* 54: 329-333.
- Cowley T., Walters D. R. (2002) Polyamine metabolism in barley reacting hypersensitively to the powdery mildew fungus *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*. *Plant Cell Environ.* 25: 461-468.
- Harrach B. D., Fodor J., Pogány M., Preuss J., Barna B. (2008) Antioxidant, ethylene and membrane leakage responses to powdery mildew infection of near-isogenic barley lines with various types of resistance. *European Journal of Plant Pathol.* 121: 21-33.
- Horváth E., Szalai G., Janda T. (2007) Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signalling. *J. Plant Growth Regul.* 26: 290-300.
- Ivanov S., Miteva L., Alexieva V., Karjin H., Karanov E. (2005) Alterations in some oxidative parameters in susceptible and resistant wheat plants infected with *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*. *J. Plant Physiol.* 162: 275-279.
- Janda T., Szalai G., Tari I., Páldi E. (1999) Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. *Planta* 208:175-180.
- Kuznetsov V. V., Shevyakova N. I. (2007) Polyamines and stress tolerance of plants. *Plant Stress* 1: 50-71.
- Noreen S., Ashraf M., Hussain M., Jamil A. (2009) Exogenous application of salicylic acid enhances antioxidative capacity in salt stressed sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. *Pak. J. Bot.* 41: 473-479.
- Pál M., Horváth E., Janda T., Páldi E., Szalai G. (2005) Cadmium stimulates the accumulation of salicylic acid and its putative precursors in maize (*Zea mays* L.) plants. *Physiol Plant.* 125: 356-364.
- Pál M., Kovács V., Vida Gy., Szalai G., Janda T. (2013) Changes induced by powdery mildew in the salicylic acid and polyamine contents and the antioxidant enzyme activities of wheat lines. *Eur. J. of Plant Pathol.* 135: 35-47.
- Saari E. E., Prescott J. M. (1975) A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease Rep.* 59: 377-380.
- Szepesi Á., Gémes K., Orosz G., Pető A., Takács Z., Vorák M., Tari, I. (2011) Interaction between salicylic acid and polyamines and their possible roles in tomato hardening processes. *Acta Biol. Szeged.* 55: 165-166.
- Vida Gy., Szunics L., Szunics L., Komáromi J., Veisz O. (2007) Búzalisztharmat populáció- és rezisztenciakutatások Martonvásáron. *Martonvásár* 19 (2): 10-12.

BÚZA KALÁSZFUZÁRIUM-REZISZTENCIA KUTATÁSOK MARTONVÁSÁRON

PUSKÁS KATALIN, VARGA-LÁSZLÓ EMESE, KOMÁROMI JUDIT, VEISZ OTTÓ,
VIDA GYULA

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Kalászos Gabona Rezisztencia Nemesítési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
puskas.katalin@agrar.mta.hu

Szántóföldi mesterségesen fertőzött tenyészterünkben az elmúlt évtizedben meghonosítottuk a rezisztencianemesítési alapanyagok kalászfuzárium-ellenállóságának rutinszerű vizsgálatát.

Permetezési inokulációs módszerrel valamennyi évben több száz búza genotípus kalászfuzáriumos fertőződését teszteltük. Kiemelkedően jó ellenállóságot mutattunk ki a régi magyar fajták körében, és azok heterogén populációiból kialakított törzsei között. Az intenzív termesztési körülményeknek megfelelő martonvásári nemesítésű törzsek között is sikerrel azonosítottunk mérsékelt fertőző genotípusokat, melyek az évek során bizonyították ellenállóságukat, és így potenciális rezisztenciaforrásként szolgálhatnak intézetünk búzanemesítési programjában.

Az államilag elismert martonvásári búzafajtákat, bejelentett törzseinket, és további kiválasztott genotípusok kalászfuzárium-ellenállóságát kalászkainjektációs módszerrel is vizsgáltuk. A martonvásári búza genotípusok között több olyan fajtát azonosítottunk, melyek ellenállósága egy átlagos évben elegendő lehet az állomány megvédéséhez a kalászfuzáriózissal szemben. A korábbi években a permetezve inokulált kísérletben az Mv Emese eredményei voltak a legkiválóbbak, ellenállóságának kialakításában elsősorban az I. típusú rezisztenciának a szerepét mutattuk ki. Az utóbbi öt évben több, mérsékelt fertőző búzafajtával bővült a martonvásári búza fajtasortiment.

A kalászfuzárium-rezisztencia genetikai hátterét a kínai Ning 8331 törzs és a Martonvásári 17 búzafajta keresztezéséből létrehozott populációban vizsgáltuk. Két nagyhatású kalászfuzárium-rezisztencia QTL-t azonosítottunk a Ning 8331 törzsben, melyek közül a szántóföldi ellenállóság kialakításában a 3B kromoszóma rövid karján található QTL (*Fhb1*) volt a jelentősebb. A kalász- és szemfertőzöttség meghatározása mellett a termésveszteség vizsgálatával is igazoltuk a QTL és a rezisztencia kapcsolatát. Kalászkainjektációs módszerrel kimutattuk e QTL hatását a II. típusú ellenállóság kialakításában is. A 2D kromoszóma hosszú karjának proximális szakaszán azonosított QTL csak a II. típusú rezisztencia kialakításában volt meghatározó. Hatását minden vizsgálati évben igazoltuk, az évek átlagában pedig még a 3BS kromoszómán található QTL-nél is jelentősebbnek bizonyult. Mindkét szülői genotípusban kimutattuk további, kisebb hatású rezisztencia QTL-ek jelenlétét is.

Bevezetés

A kalászfuzáriózis világszerte a búza egyik legjelentősebb gazdasági és termésveszteséget okozó betegsége (Parry és mtsai. 1995). A *Fusarium* fajok számára kedvező környezeti feltételek mellett hazánkban is ez a legfontosabb és legkártékonyabb az őszi búza valamennyi betegsége közül. A kórokozó a búza érése során nagy koncentrációban szintetizálhat mikotoxinokat (Bottalico és Perrone 2002), és e káros vegyületek termelését a terménytárolás időszakában is folytathatja (Veres és mtsai. 2001), melynek eredményeként a toxinszennyezett búzatételek élelmiszeripari és takarmányozási célra egyaránt értékesíthetetlené válnak.

A rezisztencianemesítés célja olyan búzafajták létrehozása, melyek a fertőzés számára kedvező időjárási körülmények között is képesek – kizárólag az ellenállóságukkal – megakadályozni nagyobb kalászfertőzöttség kialakulását. E fajták használatával csökkenthető lenne a környezetünk vegyszerterhelése, a termés szermaradvány-tartalma és a termesztés költsége is.

A mesterségesen inokulációs körülmények között végzett kalászfuzárium-ellenállósági vizsgálatokban a következő kutatási célokat tűztük ki magunk elé:

1. Potenciális rezisztenciaforrások azonosítását külföldi és hazai búza genotípusok körében.
2. A martonvásári őszi búza fajtasortiment kalászfuzárium-rezisztenciájának felmérését több inokulációs és értékelési módszerrel.
3. Térképező populáció utódtörzseinek fenó- és genotípusos vizsgálatát, és a rezisztencia meghatározásában jelentős QTL-ek azonosítását.

Anyagok és módszerek

Kalászfuzárium-ellenállósági vizsgálatok

A búzafajták és törzsek szántóföldi vizsgálatát az MTA ATK Mezőgazdasági Intézet mesterségesen fertőzött tenyészkertjében végeztük. Szántóföldi körülmények között két inokulációs módszert alkalmaztunk: permetezéssel az I. és II. típusú kalászfuzárium-ellenállóságot együttesen, kalászkainjektálással pedig a II. típusú rezisztenciát önmagában tanulmányozhattuk. A kísérletekben martonvásári őszi búzafajtákat, fajtajelölteket, késői generációjú nemesítési törzseket, régi magyar fajtákat és azok homogén törzseit, valamint kalászfuzáriummal szemben ellenállóként leírt külföldi őszi és tavaszi búza genotípusokat vizsgáltunk. A kísérletek beállítását, inokulációs és értékelési módszereit Puskás (2013) ismertette.

A kalászfuzárium-ellenállóság genetikai hátterének vizsgálata

A kalászfuzáriummal szemben ellenálló Ning 8331 törzs (pedigré: Yangmai 4/3/Aurora/Anhui 11//Sumai 3) és a mérsékelt fogékony Martonvásári 17 búzafajta utódpopulációjából létrehozott rekombináns beltenyésztett törzsek fenotípusos vizsgálatát szántóföldi (permetezéssel inokuláció) és üvegházi (kalászkainjektálás) körülmények között végeztük (Puskás és mtsai. 2004, 2006).

Az utódpopuláció vizsgálatára 73 polimorf mikroszatellit és 17 AFLP (Sse- és Mse-) primerpárt választottunk ki. A populáció markermintázatának és a kalászfuzárium-fertőzöttségének eredményeiből JoinMap 4 és MapQTL 5 szoftverekkel hoztuk létre a kapcsoltsági térképet és határoztuk meg a rezisztencia QTL-ek kromoszomális helyzetét.

Eredmények és következtetések

Potenciális rezisztenciaforrások keresése (2003–2006)

Eredményeink alátámasztották azokat a korábbi megfigyeléseket, hogy a legjobb kalászfuzárium-ellenállóság szinte kivétel nélkül távol-keleti eredetű búzában azonosítható. Mindkét inokulációs módszer körülményei között, minden évben kiemelkedő volt a Sumai 3 búzafajta rezisztenciája.

A rezisztenciaforrások keresése során európai őszi búzafajtákat és -törzseket is teszteltünk. Néhány külföldi genotípus az évek során bizonyította átlagosnál jobb szántóföldi kalászfuzárium-ellenállóságát, többségük azonban fogékonyabbnak bizonyult, mint arra más kutatócsoportok eredményei alapján számítottunk. A martonvásári nemesítési törzsek között is sikerrel azonosítottunk több jó kalászfuzárium-ellenállóságú genotípust.

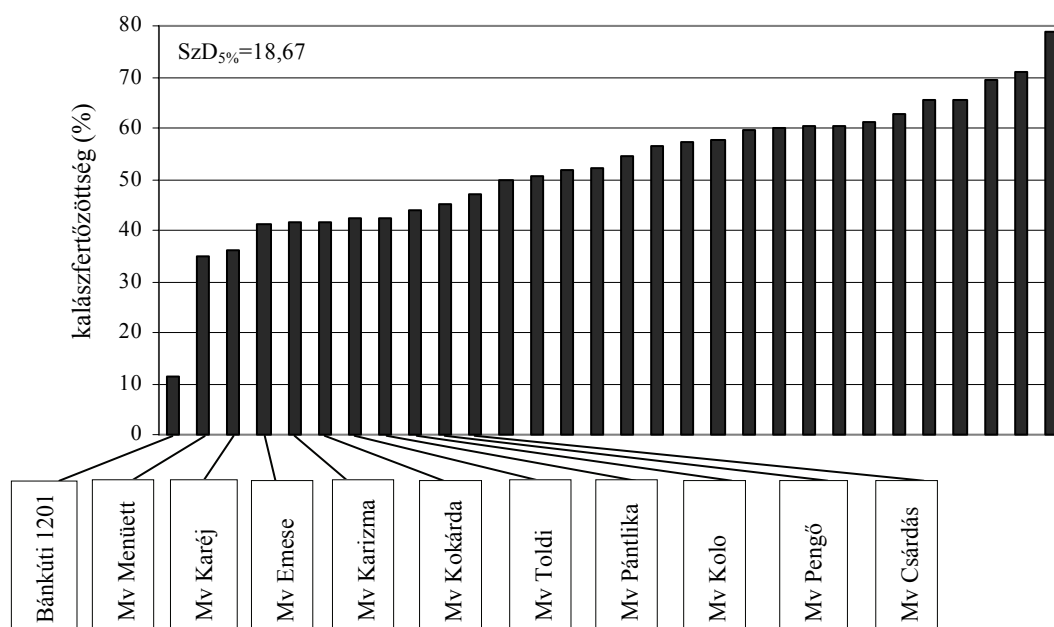
Ez utóbbi törzsek közül az elmúlt 10 évben több is szülői genotípusként szerepelt a Kalászos Gabona Nemesítési Osztály keresztezési programjában, és a búzanemesítők száznál több utódpopulációt hoztak létre, melyek e források genetikai állományát hordozzák.

A Bánkúti 1201 fajta részletes vizsgálatával egyértelműen bizonyítottuk, hogy e fajta szántóföldi rezisztenciája az évjáratok többségében jobb, mint a napjainkban termesztett őszi búzafajtáké. Több, a Bánkúti 1201 populációjából létrehozott törzs kalászfuzárium-ellenállósága még ennél is jobbnak bizonyult: a BKT9086-95 és a BKT9158-95 rezisztenciája hasonló volt ismert forrás genotípusokéhoz. Az átlagosnál jobb ellenállóságot más régi magyar fajtákban (Bánkúti 1205, Bánkúti 5, Béta-Bánkúti, Fertődi 293, Lovászpatonai 407) is kimutattuk, továbbá számos törzsben, melyek a régi magyar fajták heterogén populációiból származnak.

Martonvásári búzafajták és nemesítési törzsek ellenállósága

Eredményeink igazolták, hogy a jó minőséggel és termőképességgel rendelkező martonvásári búzák kalászfuzárium-ellenállósága elmarad a távol-keleti tavaszi rezisztenciaforrásokétól, azonban több olyan martonvásári őszi búzafajtát is azonosítottunk kísérleteinkben, melyek kalászfuzárium-ellenállósága az ismert európai őszi búza rezisztenciaforrásokéhoz (pl. Arina, Praag 8, F201R) hasonló vagy azoknál jobb volt. A szántóföldi (I+II. típusú) rezisztencia kísérletben az Mv Emese az évek többségében mérsékelten fertőződött. Az egy évtizeddel ezelőtt is termesztett búzafajták közül az Mv Palotás, az Mv Csárdás és az Mv Táltos kalász-, szemfertőzöttsége vagy termésnövekedése is szignifikánsan kisebb volt a kísérleti átlagnál. A kalászkainjektálásos vizsgálatban a 2004–2006. évek átlagos II. típusú fertőzöttségi adatai alapján két búzafajtát, az Mv Marsallt és az Mv Kolot soroltuk a mérsékelten ellenálló genotípusok csoportjába.

A közelmúltban állami elismerésben részesült búzafajták ellenállóságáról még csak rövidebb időszakból álltak rendelkezésünkre adatsorok, az eredmények azonban biztatóak, az újonnan nemesített martonvásári búzafajták között a korábbinál nagyobb arányban találhatóak a kalászfuzáriumra kevésbé érzékeny genotípusok (1. ábra).



1. ábra. Államilag elismert martonvásári őszi búzafajták fuzáriumos kalászfertőzése permetezéses inokulációt követően, provokációs körülmények között (két *Fusarium*-faj és 3 év átlaga). Martonvásár, 2011–2013

A kalászfuzárium-ellenállóság genetikai hátterének vizsgálata

A Ning 8331 búzatörzs egyik legjelentősebb rezisztencia QTL-jét a 3B kromoszóma rövid karján azonosítottuk. Ennek hatása változó mértékben, de mindkét inokulációs módszerrel, illetve valamennyi vizsgált tulajdonság (kalász- és szemfertőzöttség, hektoliter-, ezerszem-, illetve kalásonkénti szemtömeg mérésével kimutatott termésvesztés) esetében kimutatható volt. Kromoszomális helyzete megegyezik az *Fhb1* QTL-ével (Cuthbert és mtsai. 2006), melynek lokuszát már korábban is az *Xgwm533* és *Xgwm493* markerek által határolt szakaszra térképezték (Anderson és mtsai. 2001, Buerstmayr és mtsai. 2003).

A Ning 8331 2DL kromoszómakarján azonosított QTL kapcsoltságát a II. típusú ellenállósággal a kalászkainjektálásos kísérlet mindhárom évében igazoltuk. A térképező populáció valamennyi kalászfuzárium-rezisztencia QTL-je közül a legnagyobb hatásúnak bizonyult, az évek átlagában a fenotípusos variáció 22,0%-át magyarázta. Korábban a kalászfuzárium-

ellenállósággal összefüggő genetikai faktorok térképezése során a Sumai 3 fajtában és annak utódtrözszeiben csak ritkán, leginkább kis hatású lokuszként azonosították ezt a QTL-t (*Yang és mtsai. 2005, Lu és mtsai. 2011, Suzuki és mtsai. 2012*), azonban *Kang és munkatársai (2011)* marker alapú szelekcióra sikeresen használták a Ning 7840 törzs 2DL kromoszómakarján elhelyezkedő QTL-t a kalászfuzárium-rezisztencia javítására.

További, kis hatású QTL-eket is azonosítottunk a Ning 8331 szülőben az 1AS, 3BL, 4B, 5AS, 7BS és 7BL, valamint a Martonvásári 17 fajtában az 5AL kromoszómakaron, melyek hatását leginkább csak egy-egy évben és vizsgált tulajdonság esetén mutattuk ki.

Köszönetnyilvánítás

A munka megvalósítását az Európai Közösség Marie Curie Fellowship (QLK2-1999-50629), valamint az OTKA K049080 és az FVM 43084. számú pályázatok támogatták.

Irodalom

- Anderson, J. A., Stack, R. W., Liu, S., Waldron, B. L., Fjeld, A. D., Coyne, C., Moreno-Sevilla, B., Mitchell Fetch, J., Song, Q. J., Cregan, P. B., Frohberg, R. C. (2001) DNA markers for Fusarium head blight resistance QTLs in two wheat populations. *Theor. Appl. Genet.* 102: 1164-1168.
- Bottalico, A., Perrone, G. (2002) Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *Eur. J. of Plant Pathol.* 108: 611-624.
- Buerstmayr, H., Steiner, B., Hartl, L., Griesser, M., Angerer, N., Lengauer, D., Miedaner, T., Schneider, B., Lemmens, M. (2003) Molecular mapping of QTLs for Fusarium head blight resistance in spring wheat. II. Resistance to fungal penetration and spread. *Theor. Appl. Genet.* 107: 503-508.
- Cuthbert, P. A., Somers, D. J., Thomas, J., Cloutier, S., Brulé-Babel, A. (2006) Fine mapping *Fhb1*, a major gene controlling fusarium head blight resistance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 112: 1465-1472.
- Kang, J., Clark, A., Van Sanford, D., Griffey, C., Brown-Guedira, G., Dong, Y., Murphy, J. P., Costa, J. (2011) Exotic scab resistance quantitative trait loci effects on soft red winter wheat. *Crop Sci.* 51: 924-933.
- Lu, Q., Szabo-Hever, A., Bjørnstad, Å., Lillemo, M., Semagn, K., Mesterhazy, A., Ji, F., Shi, J., Skinnes, H. (2011) Two major resistance quantitative trait loci are required to counteract the increased susceptibility to Fusarium head blight of the *Rht-D1b* dwarfing gene in wheat. *Crop Sci.* 51: 2430-2438.
- Parry, D. W., Jenkinson, P., McLeod, L. (1995) *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals – a review. *Plant Pathology* 44: 207-238.
- Puskás K. (2013) Búza genotípusok kalászfuzárium-ellenállósága és a rezisztencia genetikai hátterének vizsgálata. Doktori értekezés. 142 o.
- Puskás, K., Vida, G., Komáromi, J., Buerstmayr, H., Lemmens, M., Bedő, Z., Veisz, O. (2006) Study of Fusarium head blight resistance in wheat using microsatellite markers. *Cereal Res. Commun.* 34: 629-632.
- Puskás, K., Vida, G., Veisz, O., Buerstmayr, H., Bedő, Z. (2004) Analysis of Fusarium head blight resistance QTLs in the 'Ning 8331' x 'Martonvásári 17' population. In: Vollmann, J., Grausgruber, H., Ruckenbauer, P. (eds.) Genetic variation for plant breeding. Proceedings of the 17th EUCARPIA General Congress. 8-11 September 2004, Tulln, Austria, 189-194.
- Suzuki, T., Sato, M., Takeuchi, T. (2012) Evaluation of the effects of five QTL regions on Fusarium head blight resistance and agronomic traits in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Breeding Sci.* 62: 11-17.
- Veres E., Kátai J., Győri Z. (2001) A betárolt gabona fuzárium fertőzöttségének és toxinszennyezett-ségének kérdése. *Növénytermelés* 50: 479-485.
- Yang, Z., Gilbert, J., Fedak, G., Somers, D. J. (2005) Genetic characterization of QTL associated with resistance to Fusarium head blight in a doubled-haploid spring wheat population. *Genome* 48: 187-196.

TÁJI IZOLÁCIÓ HOSSZÚ TÁVÚ HATÁSA TERMÉSZETES ÍZELTLÁBÚ KÖZÖSSÉGEKRE

SAMU FERENC¹, RÁKÓCZI ANDRÁS¹, BÁTHORI FERENC², SZINETÁR CSABA³

¹MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Növényvédelmi Intézet
1022 Budapest, Herman O. út 15.
samu.ferenc@agrar.mta.hu

²Debreceni Egyetem
Evolúciós Állattani Tanszék
4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

³NYME Természettudományi Kar,
Biológia Intézet, Állattani Intézeti Tanszék
9700 Szombathely, Károlyi G. tér 4.

Ahogy az ember által befolyásolt tájban a természetes területek zsugorodnak és egyre jobban feldarabolódnak, a természetvédelmi erőfeszítések is egyre kisebb szigetekre korlátozódnak. Emiatt szükséges tudnunk, hogy a természetközeli élőhely-izolátumokon milyen hosszú távú folyamatok játszódnak le. Jelen vizsgálatban pók közösségekben detektálható változásokat hasonlítottunk össze két izolált természetvédelmi területen, amelyek több mint 60 éves kutatási múlttal rendelkeznek (Bátorliget 53ha, láp; Sas-hegy 35 ha, izolált dolomit hegy, főként gyepes vegetáció). A kutatások mindkét helyen 3 periódusban folytak: 1930-40-es években, 1990-es években, valamint a 2010-es években, legalább is részben összehasonlítható módszerekkel. A pókközösség változásait vizsgálva próbáltuk felfedni a természetes trendeket három egyszerű hipotézis segítségével: H0: nincs változás (nincs szignifikáns változás a fajkompozícióban); H1: random sodródás (fajkompozíció változik, de nincs funkcionális vagy más minőségi változás); H2: direkcionális változás (mind a fajkompozíció, mind a funkcionális és minőségi kompozíció megváltozik például klímaváltozás vagy degradáció hatására). A változások a két területen rendkívül hasonlóan mutatkoztak. Előzetes eredményeink a H1-es hipotézist támasztják alá. A hasonló módszerekkel gyűjtött közösségek egymáshoz hasonlóbbak voltak mindkét esetben, azonban ezt figyelembe véve is egy sodródás jellegű kompozíciós változás detektálható mindkét területen. A sodródásos hipotézissel összhangban a közösségek minőségi jellemzői nem változtak lényegesen, így az átlagos természetesség, nedvesség és fény preferencia, érzékenységi státusz konstans maradt mindkét területen a hosszú vizsgált mintegy 80 éves periódus során. Az egyetlen degradációs folyamat a ritka fajok csökkenő aránya volt. Reméljük, hogy ez a vizsgálat segít más a monitorozási programokat is, valamint érveket szolgáltat a természetvédelem számára kisterületű izolátumok megőrzéséhez.

Bevezetés

Ahogy az ember által befolyásolt tájban a természetes területek zsugorodnak és egyre jobban feldarabolódnak, a természetvédelmi erőfeszítések is egyre kisebb szigetekre korlátozódnak. Emiatt szükséges tudnunk, hogy a természetközeli élőhely-izolátumokon milyen hosszú távú folyamatok játszódnak le. Az általános trendek megfoghatóságához három elképzelt scenáriót állítottunk fel, amelyeket hipotézisként használunk, hogy megtudjuk a vizsgált természetes folyamatok melyik scenárióhoz állnak a legközelebb. Az első, a statikus állapot, mely során egyensúlyi állapot van stabil környezetben, sem a fajok összetétele sem a funkcionális tulajdonságaik nem változnak lényegesen. A második scenárió a sodródás (*Saunders és mtsai.1991*) mely során a fajok véletlenszerűen cserélődnek, az összetétel emiatt átalakul, de a funkcionális tulajdonságok változatlanok maradnak. A harmadik verzió a

direkcionális változás, mely során a terület változása indukálja a fajok funkcionális tulajdonságainak és a faji összetételnek a változását. Az izoláció hosszú távú hatásának elemzéséhez első sorban hosszú távú adatok kellenek, amely adatsorok ritkaság számba mennek. Két kisméretű természetvédelmi területen azonban rendelkezésre álltak az 1930-40-es évekbeli vizsgálati adatok, amelyek szerencsés módon 1990-es évekből továbbiak egészítettek ki. Ezeket az adatokat egészítettük ki az elmúlt években egy újabb felvételezéssel, és e három pontból álló idősor elemzését prezentáljuk.

A budai Sas-hegy régóta áll tudományos figyelem alatt. A dolomit hegy Budapest által körülvevett 30 hektárnyi területe 1958 óta áll védelem alatt. A hegy flórája, faunája, különösen a pókok tekintetében, jól kutatott (Balogh 1935, Rákóczi és Samu 2012, Szinetár és mtsai. 2012). A területen az első részletesebb vizsgálatot Balogh János végezte, aki egyeléssel és mennyiségi módszerekkel vizsgálta a faunát és 145 pókfajt mutatott ki a területről (Balogh 1935), ezután 1994-98, valamint 2010-2012 között történtek alaposabb, összehasonlíthatóbb módszertannal dolgozó [talajcsapda, motoros rovarszippantó (D-vac)] vizsgálatok, amelyek a fajszámot 278-ra emelték (Szinetár és mtsai. 2012).

A másik terület a Bátorligeti ősláp, amely egy lápmedence, 53 hektáros területe pedig 1951 óta szigorú védelem alatt áll. A terület tudományos szempontból jelentős, de izolált a körülötte zajló intenzív földművelés miatt. A területen először Balogh János és Loksa Imre végzett kutatásokat, egyeléssel, valamint mennyiségi módszerekkel dolgoztak, és 148 pókfajt azonosítottak (Balogh és Loksa 1953, Loksa 1991). Báthori Ferenc 2010-es szakdolgozatában talajcsapdás és D-vac mintavételt alkalmazva, 57, a területre nézve új pókfajt azonosított, így a teljes ismert fajszám 205-re emelkedett. (Báthori 2010).

E két területen kívántuk összehasonlítani a fajok valamint a fajtulajdonságok változását, hogy választ kapjunk arra, a 3 hipotézis közül melyik valósul meg ezeken az izolált területeken.

Anyagok és módszerek

A 2 területen a mintavételezés metodológiája hasonló volt (talajcsapda, D-vac, egyelés), így alkalmasnak bizonyultak az összehasonlító elemzés lefolytatására. Mivel az egy területen élő állatfajok preferenciái megfelelnek a terület adottságainak, emiatt a vizsgált habitat jellemezhető a rajta található fajok preferenciáival. Buchar és Růžička (2002) alkotott egy, a csehországi pókfajokra kiterjedő, fajkarakter jellemzést. Az általuk, a fajokról gyűjtött adatok között szerepel a biogeográfiai elterjedés, tengerszint feletti magasság, a faj érzékenysége, a faj kedvelt élőhelye és az abban elfoglalt réteg (talaj-lombkorona), a nedvességtűrés valamint a zártság kedvelése. További fajkarakter értéként lett bevezetve a Globális Relatív Abundancia (GRA) amely a fajok gyakoriságát adja meg, ami valójában egy ellentétes mérése a fajok ritkaságának. Ez megmutatja, hogy országosan (Magyarországra nézve) az adott faj egyedei milyen arányban vannak jelen a háttér adatbázis összes egyedéhez képest. Ebben az esetben a háttér adatbázis Samu és munkatársainak teljes magyarországi gyűjtéseinek 20 éves adatait tartalmazta (Samu 2000). A kiszámításhoz a fauna leggyakoribb fájának értékét 1-nek vették. A GRA több esettanulmányban alkalmasnak bizonyult a fajok természetvédelmi értékének megítélésére. Ezen fajtulajdonságok statisztika elemzésével hasonlítottuk össze a két területet. Ezen felül a fajkompozíció összehasonlításához Jaccard indexet is használtunk.

Eredmények és következtetések

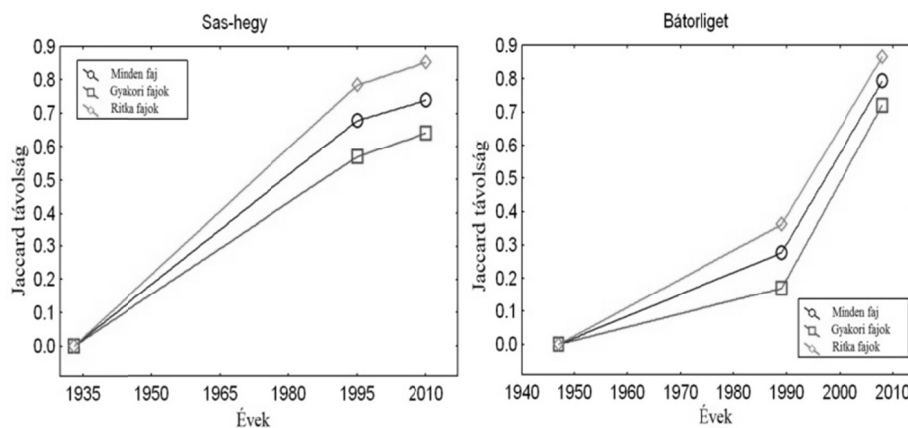
Az eltérő vizsgálati periódusok rendkívül hasonlóan mutatkoztak a megfogott pókfajok fajtulajdonság átlagait összehasonlítva (előfordulási gyakoriság, természetesség, nedvesség kedvelés és fény preferencia, érzékenységi státusz) nem tudtunk a vizsgálati periódusok között szignifikáns különbséget kimutatni, míg relatív abundancia tekintetében a változás szignifikánsnak mutatkozott mindkét területen (1. táblázat). Az azonos metodológiával történt mintavételezések, a Jaccard távolságot vizsgálva, jobban hasonlítottak egymáshoz mindkét

terület esetében (1. ábra). A Sas-hegy esetében, mikor összehasonlítottuk a 90-es éveket valamint a 2010-es vizsgálati periódust, az eredmények alapján azt találtuk, hogy míg a fajok funkcionális és minőségi tulajdonságai változatlanok (adatok nincsenek ábrázolva), addig a fajkompozíció a hasonló metodológia ellenére változáson esett át (2. ábra). Előzetes eredményeink a H1-es hipotézist támasztják alá. A hasonló metodológiával gyűjtött közösségek egymáshoz hasonlóbbak mindkét esetben, azonban ennek ellenére azt mutatták, hogy kompozíciós változás megfigyelhető a módszer hasonlósága ellenére.

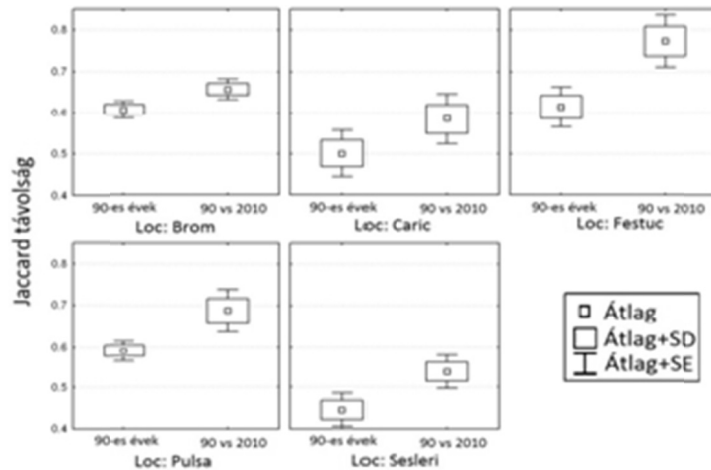
A közösségek faji minőségi jellemzői nem változtak: átlagos természetesség, nedvesség és fény preferencia, érzékenységi státusz konstans maradt a pókokra nézve mindkét területen a hosszú vizsgálati periódus alatt is.

1. táblázat. A két területen gyűjtött pókfajok Ruzicka értékeinek átlagai közötti különbség, a három eltérő vizsgálati periódusban

	SAS-HEGY		BÁTORLIGET	
	1930-as,1990-es és 2010-es vizsgálat	1940-es,1989-es és 2010-as vizsgálat	t Ratio	Prob>(t)
Relatív_gyakoriság	2,71	0,0069**	4,11	<,0001***
Előfordulási_frekvencia	-0,62	0,5377	1,15	0,2519
Érzékenységi érték	0.14	0,8919	-0,4	0,6905
Átlagos_természetesség	-1,09	0,2752	-0,48	0,6313
Természetességi_tartomány	-0,39	0,6996	0,43	0,6706
Átlagos_nedvességkedvelés	-1,06	0,2911	-0,37	0,7121
Nedvességkedvelési_tartomány	0,99	0,3223	0,97	0,3310
Átlagos_fénykedvelés	-0,37	0,7118	-0,50	0,6188
Fénykedvelési_tartomány	0,64	0,5230	1,35	0,1774



1. ábra. A két vizsgálati periódus Jaccard távolságainak összehasonlítása



2. ábra. A Sas-hegy 90-es és 2010 vizsgálati éveinek összehasonlítása az egyes területek fajkompozíciós változásai által

Az egyetlen degradációs folyamat a ritka fajok csökkenő aránya volt. Reméljük, hogy ez a vizsgálat segít más monitorozási programokat is, valamint érveket szolgáltat a természetvédelem számára kisterületű izolátumok megőrzéséhez.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet Botos Erikának, Kézdy Pálnak, Tóth Zoltánnak, Rédei Tamásnak, Vlastimil Ruzickának, Jan Bucharnak, Duna-Ipoly NP-nak. Támogatók: INTERREG III/a, HUSKUA/05/02/391, OTKA F23627 & K8197, Budapest Főpolgármesteri hivatal.

Irodalom

- Balogh, J. I. (1935) A Sashegy Pókfaunája. Faunisztikai, Rendszertani és Környezettani Tanulmány (Spider fauna of the Sas-hegy. A faunistical, taxonomical and environmental study.). p. 60. Sárkány-Nyomda Rt., Budapest.
- Balogh, J. I., Loksa, I. (1953) Bátorliget pókfaunája. Araneidea. In: Székessy, V. (ed.) Bátorliget élővilága. pp. 404-415. Budapest, Akadémiai Kiadó.
- Báthori, F. (2010) A Bátorligeti ősláp pókcönológiai vizsgálata. Természettudományi és Informatikai Kar, Biológia Intézet. p.46. Nyíregyháza, Nyíregyházi Főiskola. 46.
- Buchar, J., Růžička, V. (2002) Catalogue of spiders of the Czech Republic. pp. 349. Peres, Praha.
- Loksa, I. (1991) The spider (Araneae) fauna of the Bátorliget Nature Reserves (NE Hungary). In: Mahunka, S. (ed.) The Bátorliget Nature Reserves - after forty years. pp. 691-704. Budapest, Hung. Nat. Hist. Mus.
- Rákóczi, A. M., Samu, F. (2012) Természetvédelmi célú orgonairtás rövidtávú hatása pókegyüttesekre [The short term effect of Syringa eradication conservation management on spider assemblages]. *Rosalia* 8:141-149.
- Samu, F. (2000) A general data model for databases in experimental animal ecology. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 45:273-292.
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J., Margules, C. R. (1991) Biological consequences of ecosystem fragmentation - a review. *Conservation Biology* 5:18-32.
- Szinetár, C., Rákóczi, A. M., Bleicher, K., Botos, E., Kovács, P., Samu, F. (2012) A Sas-hegy pókfaunája II. A Sas-hegy faunakutatásának 80 éve a hegyről kimutatott pókfajok kommentált listája [Spider fauna of Mt Sas-hegy II. 80 years of fauna research on Mt Sas-hegy, with the annotated list of spiders]. *Rosalia* 8:333-362.

PATTANÓBOGARAK FEROMONJAI: KUTATÁS ÉS ALKALMAZÁS

TÓTH MIKLÓS

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Növényvédelmi Intézet, Alkalmazott Kémiai Ökológiai Osztály
1022 Budapest, Herman O. u. 15.
toth.miklos@agrar.mta.hu

Kutatócsoportunk kilenc pattanóbogár fajra hatékony feromonkészítményt fejlesztett ki az utóbbi évek során. E fajok magukban foglalják az összes, Nyugat- és Közép-Európában honos, fontos kártevő pattanóbogár fajt. A csapdák a CSALOMON® csapdacsalád választékában a kétezres évek közepe óta elérhető hazai és külföldi termesztők számára. Pattanóbogár feromoncsapdáinkat számos növényvédelmi kérdés vizsgálatához használták, és használják Európában. Jelen dolgozatomban ezeknek az eredményeknek az összefoglalását kísérem meg.

Bevezetés

A pattanóbogarak (Coleoptera, Elateridae) lárvái, a drótférgesek, hazánkban is és világszerte a legfontosabb, talajban károsító kártevő rovarok közé tartoznak. Mivel a hagyományos mintavételi eljárások esetükben igen nehézkesek és munkaigényesek, az ellenük alkalmazott talajfertőtlenítő szerek legtöbbször csak "vaktában" kerülnek alkalmazásra, mivel nem ismert, hogy az adott területen jelen vannak-e ezek a kártevők, és ha igen, olyan mennyiségben-e, ami szükségessé teszi a védekezést. Olaszországi vizsgálatokban például kiderült, hogy a talajfertőtlenítő szerekkel kezelt területnek csupán 10-15%-án volt erre valóban szükség; a maradék területen a drótférges jelenléte vagy nem volt kimutatható, vagy pedig populációsűrűségük a károkozó szint alatt maradt (*Furlan 1989, Furlan és mtsai. 2002*).

Ha a kifejlett bogarak csapdázására megfelelő módszerek állnának rendelkezésre, ez lehetővé tenné hosszú távú (akár több éves) előrejelzések készítését és a populáció sűrűség becslését. Erre a célra a feromoncsalétkes csapdák alkalmasnak tűnnek, hiszen ezeket hasonló célokra más kártevő rovarcsoportoknál már széleskörűen alkalmazzák. Ezek az okok késztettek arra, hogy a pattanóbogarak feromonjaival kapcsolatos alaputatásainkat megkezdjük.

Anyagok és módszerek

Vizsgálatainkat a szakterület nemzetközileg elfogadott módszerei szerint végeztük (a részleteket ld. a hivatkozott közleményekben).

Eredmények és következtetések

Feromonösszetétel-azonosítás

Vizsgálataink megkezdésekor számos, Közép- és Nyugat-Európában jelentős kártevő pattanóbogár faj feromonjának összetételéről nem volt irodalmi adat (pl. *Agriotes brevis*, *A. sordidus*, *A. rufipalpis*, stb.). Ilyen esetben teljes feromon azonosítást kellett végeznünk (pl. *Tóth és mtsai. 2002a, 2002b*). Más, keletebbre is honos fajok esetén található volt ugyan a feromonkomponensekre vonatkozó közlemény, azonban ezek a vegyületek saját kísérleteinkben vagy teljesen hatástalannak bizonyultak, vagy pedig igen gyenge hatást mutattak. Ilyen esetekben újvizsgáltuk a faj feromonösszetételét, és a korábban ismert kompozíció hatását növelő új komponenseket írtunk le (pl. *Tóth és mtsai. 2003, 2008*).

Kutatásaink eredményeképpen ma már a Közép- és Nyugat-Európában gazdaságilag legjelentősebb 9 pattanóbogár fajra ismert a gyakorlatban alkalmazható hatáserősségű feromon készítmény (1. táblázat).

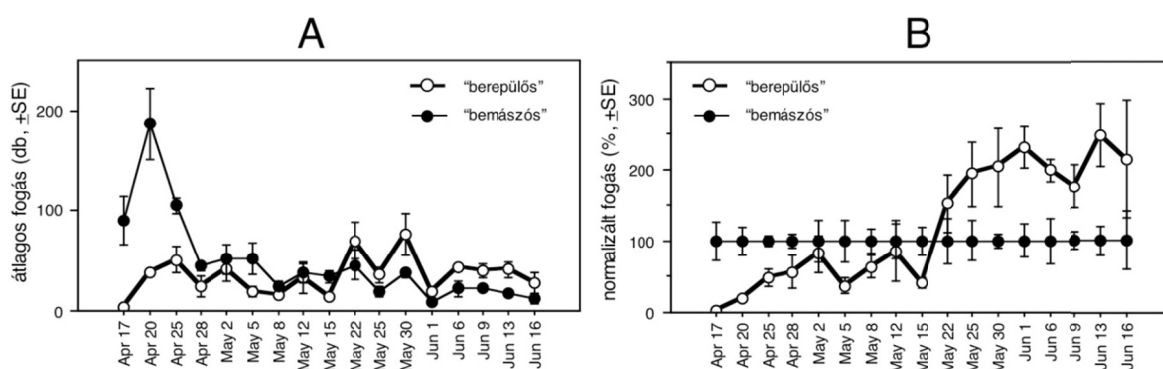
1. táblázat. A legjelentősebb európai kártevő pattanóbogár fajok feromonösszetétele és kutatócsoportunk hozzájárulása

Feromon komponensek	Pattanóbogár fajok*								
	BRE	LIN	LIT	OBS	PRO	RUF	SOR	SPU	UST
geranil butanoát	+	+			+			+	
geranil hexanoát				+		+	+		
geranil izovalerát			+						
geranil oktanoát		+		+	+				
(E,E)-farnezil butanoát	+								
(E,E)-farnezil acetát									+
Kutatócsoportunk hozzájárulása:									
világelsőként azonosítottuk a komponens(ek)et	+				+	+	+		
ismert feromon hatását javítottuk		+	+					+	+
ismert feromon összetételét megerősítettük				+					

* BRE = *Agriotes brevis*, LIN = *A. lineatus*, LIT = *A. litigiosus*, OBS = *A. obscurus*, PRO = *A. proximus*, RUF = *A. rufipalpis*, SOR = *A. sordidus*, SPU = *A. sputator*, UST = *A. ustulatus*.

Csapdaalak-fejlesztés

A legalkalmasabb csapda-forma kiválasztása nem várt kihívás volt. Egyrészt a talajon mászó kártevők fogására ismeretesek voltak talajcsapda szerkezetek (=”bemászós” csapdák), másrészt pedig repülő rovarok fogására különféle varsás csapdatípusok voltak használatosak („bepülős” csapdák). Egyes, koratavasszal már rajzani kezdő pattanóbogár fajok esetében azt tapasztaltuk, hogy a korai időszakban a „bemászós”, míg később, a „bepülős” csapdatípus fogta jobban a bogarakat (1. ábra).

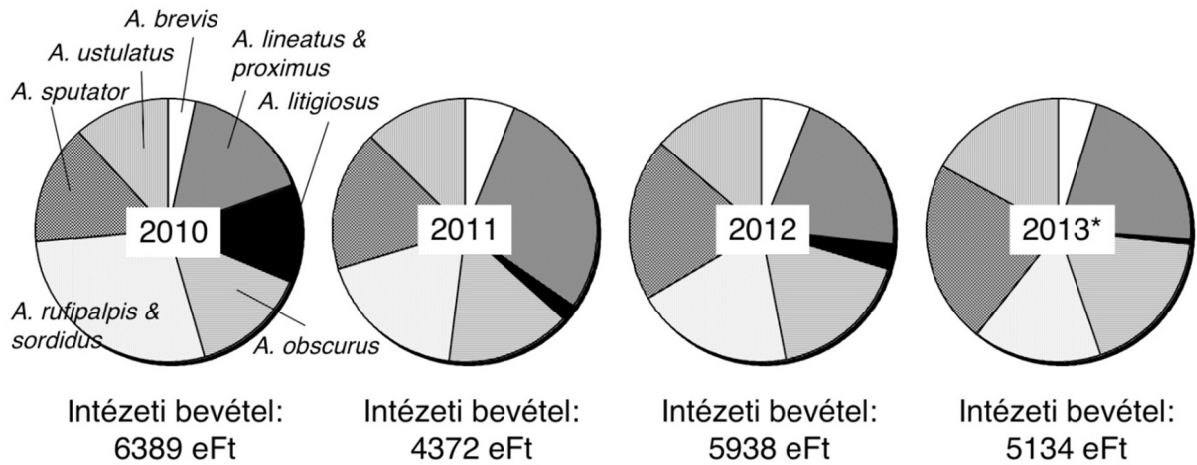


1. ábra. Réti pattanóbogár (*Agriotes sputator*) fogásai feromonnal csalétkezett, "bemászós" ill. "bepülős" csapdaformákban. A = csapdánkenti fogások az egyes ellenőrzésekkor; B = a "bemászós" csapda fogására normalizált fogások. (Agárd, 2000, a kísérletben összesen 5527 bogarat fogtunk)

E tapasztalatok alapján fejlesztettük a YATLORf kódjelű pattanóbogár csapdát (Furlan és mtsai. 2004), amiben egyesítettük a „bemászós” és „bepülős” csapdák alaki sajátosságait. Ma a YATLORf csapda a sztenderd csapdatípus pattanóbogarak fogására Európában.

Feromoncsapdák alkalmazása

A kifejlesztett csapdákat elérhetővé tettük hazai és külföldi termesztők számára a CSALOMON[®] csapdacsalád keretein belül (2. ábra).



2. ábra. Egyes pattanóbogár fajok feromoncsapdáinak relatív volumene az intézeti CSALOMON[®] bevételekben 2010 és 2013 között. (* 2013-ban július 31-ig)

Feromoncsapdáinkat használták és használják az egész Európát átfogó, a fontos fajok elterjedtségét, abundanciáját vizsgáló kutatásokban (pl. *Furlan és mtsai. 2007*). Az *A. rufipalpis* és *A. sordidus* fajpár esetében (mindkét fajnál a geranil hexanoát az aktív komponens) például kiderült, hogy míg az első keleti, a második nyugat-európai előfordulású (3. ábra).



3. ábra. Sziki pattanóbogár (*Agriotes rufipalpis*) és *A. sordidus* pattanóbogár fogásainak földrajzi eloszlása Európában. (A feromoncsapdák csalétké geranil hexanoátot tartalmazott. *Furlan és mtsai. 2007* nyomán)

Feromoncsapdáink „impact”-ját jelzi, hogy a 13th European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group „Insect Pathogens and Entomoparasitic Nematodes” konferencián (Innsbruck, 2011. jún. 19-23.) az összesen bemutatott 27, pattanóbogarakkal kapcsolatos előadás és poszter 30%-ában a kutatásokhoz csapdáinkat használták.

A csapdák „negatív előrejelzésre” is használhatók: amennyiben egy adott területen nincs fogás a csapdákból, biztosak lehetünk benne, hogy ott a talajban a kárt okozó lárváik, a drótférgek nem szaporodnak fel a kártételi szint fölé. Néhány faj esetében már korrelációt is sikerült meghatározni a feromoncsapdák fogásai és a lárvanépeség nagysága között (Furlan 2013). Jelenlegi kutatás-fejlesztésünk olyan készítmények kidolgozására irányul, melyek nemcsak hím, hanem nőstény bogarakat is fognak (Vuts és mtsai. 2013).

Köszönetnyilvánítás

Hálás köszönettel tartozom mindazon kollégáknak, akik a fent tárgyalt publikálatlan eredményekhez vezető kutatásokban részt vettek: Bálintné Csonka, É. (Magyaró.), Francke, W. (Németó.), Furlan, L. (Olaszó.), Imrei, Z. (Magyaró.), Subchev, M. (Bulgária), Szarukán, I. (Magyaró.), Toffanin, F. (Olaszó.) Tolasch, T. (Németó.), Toshova, T. (Bulgária), Tsitsipis, J. (Görögó.), Ujváry, I. (Magyaró.) Vuts, J. (Magyaró.), Yatsynin, V.G. (Oroszó.), Xavier A. (Portugália). A kutatásokat az utóbbi években részben a K81494 OTKA pályázat támogatta.

Irodalom

- Furlan L (1989) Analisi delle possibilità di riduzione dell'impiego di geosidisinfestanti nella coltura del mais nel Veneto. *L'Informatore Agrario* 17: 107-115.
- Furlan L. (2013) The different harmfulness of *Agriotes* wireworm species to maize. In preparation.
- Furlan L, DiBernardo A és Boriani M (2002) Proteggere il seme di mais solo quando serve. *L'Informatore Agrario* 8: 131-140.
- Furlan L, Garofalo N, Tóth M (2004) Biologia comparata di *Agriotes sordidus* Illiger nel Nord e Centro-Sud de Italia. *Informatore Fitopatologico* 10: 49-54.
- Furlan, L., Tóth, M., Cooperators (2007) Occurrence of click beetle pest spp. (Coleoptera, Elateridae) in Europe as detected by pheromone traps: survey results of 1998-2006. *IOBC/WPRS Bulletin* 30: 19-25.
- Tóth, M., Furlan, L., Yatsynin, V., Ujváry, I., Szarukán, I., Imrei, Z., Subchev, M., Tolasch, T., Francke, W. (2002a). Identification of sex pheromone composition of click beetle *Agriotes brevis* Candeze. *J. Chem. Ecol.* 28: 1641-1652.
- Tóth, M., Furlan, L., Szarukán, I., Ujváry, I. (2002b) Geranyl hexanoate attracting male click beetles *Agriotes rufipalpis* Brullé and *Agriotes sordidus* Illiger (Col., Elateridae). *Z. angew. Ent.* 126: 312-314.
- Tóth, M., Furlan, L., Yatsynin, V.G., Ujváry, I., Szarukán, I., Imrei, Z., Tolasch, T., Francke, W., Jossi, W. (2003) Identification of pheromones and optimization of bait composition for click beetle pests in Central and Western Europe (Coleoptera: Elateridae). *Pest Manag. Sci.* 59: 417-425.
- Tóth, M., Furlan, L., Xavier, A., Vuts, J., Toshova, T., Subchev, M., Szarukán, I., Yatsynin, V. (2008) New sex attractant composition for the click beetle *Agriotes proximus*: similarity to the pheromone of *Agriotes lineatus*. *J. Chem. Ecol.* 34: 107-111.
- Tóth, M. (2013) Pheromones and attractants of click beetles - an overview. *J. Pest Sci.* 86: 3-17.
- Vuts, J., Furlan, L., Bálintné-Csonka, É., Woodcock, C.M., Caulfield, J.C., Mayon, P., Pickett, J.A., Birkett, M.A., Tóth, M. (2013) Development of a female attractant for the click beetle pest *Agriotes brevis*. *Pest Manag. Sci.* (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/ps.3589

Talajtani és növény táplálási kutatások

**ALAPKUTATÁS – ALKALMAZOTT KUTATÁS – INNOVÁCIÓ:
AZ MTA TAKI – MTA MGKI (PRO PLANTA) INNOVÁCIÓS NAGYDÍJAS
TRÁGYÁZÁSI SZAKTANÁCSADÁSI RENDSZER**

CSATHÓ PÉTER¹, ÁRENDÁS TAMÁS², FODOR NÁNDOR², NÉMETH TAMÁS³

¹*MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet,
Agrokémiai és Növénytaplálási Osztály
1022 Budapest, Herman O. út 15.
csatho.peter@agrar.mta.hu*

²*MTA ATK Mezőgazdasági Intézet,
Növénytermesztési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.*

³*Magyar Tudományos Akadémia,
1051 Budapest, Széchenyi I. tér 9.*

A 2007-ben Innovációs Nagydíjjal jutalmazott MTA TAKI – MTA MGKI (Pro Planta) költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszerrel országosan, és az ország határain túl mind a mai napig mintegy 750 ezer hektár területen adtak szaktanácsot. A rendszer kiépítése lépésről lépésre történt, az alap kutatás, az alkalmazott kutatás és az innováció fokozatain át. A teljes projekt üzenete az, hogy az innovációs folyamatban fontos a megfelelő átgondoltság, a megalapozottság, a helyzetfelismerés, a kitartó szakmai munka. Ebben az innovációs történetben a fő cél – a talaj, mint hazánk legfontosabb, feltételesen megújuló természeti erőforrásának fenntartható hasznosítása mellett – nem a rendszer kidolgozóinak minél nagyobb haszonszerzése, hanem a rendszer felhasználóinak, a gazdálkodóknak területegységre való jövedelme növénytaplálási oldalról történő maximalizálása volt.

Bevezetés

A Magyar Tudományos Akadémia egyik legfontosabb célkitűzése, hogy a 35 akadémiai kutatóintézetben nyert alap-, ill. alkalmazott kutatási eredmények mielőbb hasznosulhassanak a gyakorlatban. Ez alól a növénytaplálási kutatások sem kivételek. A hazai agrokémiai iskolák által beállított és publikált tartamkísérletek adatbázisán kapott összefüggésekre alapozva (Árendás és Csathó 2002; Csathó 1997, 2001, 2003a b; Debreczeni és Debreczeni 1994; Kádár 1992; Németh 1996) a 90-es évek közepén egy új szemléletű, költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer fejlesztése kezdődött meg (Csathó és mtsai. 1998). A számítógépes szaktanácsadási rendszer segítséget kíván nyújtani a növénytermesztő szakembereknek a rendelkezésükre álló tápanyagforrások ésszerű és gazdaságos felhasználásához. A 48 legfontosabb szántóföldi növény trágyázási szaktanácsadási rendszerét az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet (Budapest), és az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet (Martonvásár) szakemberei dolgozták ki. Elkészült a 38 legfontosabb szántóföldi zöldségnövény (*Terbe és mtsai. 2005*), a gyümölcs (*Szűcs 2006*) és szőlő (*Szőke 2006*) fenntartó trágyázási irányelvének szoftvere is. Az új szaktanácsadási rendszer megalkotói a múltat nem akarták „véggépp eltörölni”: a korábbi szaktanácsadási rendszerek értékeit igyekeztek beépíteni az új rendszerbe: *id. Várallyay (1950)* az adott elemre igényes, ill. kevésbé igényes növénycsoportra külön talaj PK ellátottsági határértékeket; a MÉM NAK (1979) intenzív rendszer mérlegszemléletű megközelítését; a Sarkadi-féle AL-P korrekciós modellt (*Sarkadi és mtsai. 1987*), az MTA TAKI – KSZE integrált rendszer megközelítését, amely a talaj NPK ellátottsági határértékeket egyes

talajtulajdonságok (fizikai féleség, pH, CaCO₃ tartalom) függvényében alkotja meg (Várallyay és mtsai. 1992). A rendszer szoftveres változatát a Pro Planta 3M Bt. készítette el.

Anyagok és módszerek

Első lépésben, OTKA pályázatok keretében, a 1960 és 2000 között publikált hazai trágyázási kísérletek adatbázisát állítottuk össze. A talaj kontroll parcellájának N-, P-, K-ellátottsága, ill. a relatív termésben és terméstöbbletben kapott N-, P-, K-hatások közötti matematikai összefüggést a Bray-Mitscherlich féle megközelítéssel (Bray & Kurtz 1945) írtuk le, ahol egy-egy pont egy-egy tartamkísérletet képviselt.

A következő lépés a tartamkísérletek adatbázisában kapott összefüggéseknek táblázatos formában való megjelenítése, a költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer szisztematikus kidolgozása volt, OMFB pályázat keretében. Ezután készült el a rendszer szoftveres programja.

A harmadik lépésben Az INPHOS finanszírozásában, ill. egy GAK program keretében az ország három fő talaján (barna erdőtalaj, csernozjom, réti talaj), őszi búza, kukorica és tavaszi árpa növényekkel, szabadföldi teszt-kísérleteket állítottunk be az ország legismertebb trágyázási szaktanácsadási rendszereivel: a Talajerőgazdálkodás Kkt, valamint a standard, az intenzív MÉM NAK rendszer ajánlásai mellett az új Pro Planta rendszer ajánlásai is szerepeltek kezelésként. A teszt-kísérletben a klasszikus tápelem hiány-kísérlet kezeléseit (Ø, PK, NK, NP, NPK) is beállítottuk, annak ellenőrzésére, hogy új szaktanácsadási rendszerünk megfelelő pontossággal állapítja-e meg a talaj NPK ellátottságokat.

A Pro Planta rendszer műtrágya igényt csökkentő tényezőként figyelembe veszi a korábbi szervestrágya kijuttatást, a pillangós előveteményt, az elővetemény betakarításának időpontját, az elővetemény területen maradó melléktermésének tápanyagtartalmát, stb.

Az 1 ha-ra javasolt N-, P₂O₅-, és K₂O- műtrágya hatóanyag mennyiségeket (x) a program az alábbi képlet szerint számolja:

$$x = (T \cdot F_t \cdot sz) \pm K, \text{ ahol}$$

T= tervezett termésszint, t/ha; F_t= tervezett termésszinthez tartozó fajlagos tápelem-igény; sz= a talaj tápelem-ellátottsági kategóriától függő szorzószám; K= korrekciós faktor.

Eredmények és következtetések

A hazai szabadföldi NPK hatás kísérletek adatbázisán nyert összefüggések jól hasznosíthatók egy új, költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer létrehozásában, és biztosítják termesztett növényeink gazdaságos, és egyúttal biztonságos táplálását, a maximális gazdaságos terméshez szükséges NPK adagok becslését, a precíziós növénytáplálás tartamkísérletes hátterét.

Az intenzív, valamint az új, költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer filozófiájának összehasonlítását az 1. táblázatban tanulmányozhatjuk.

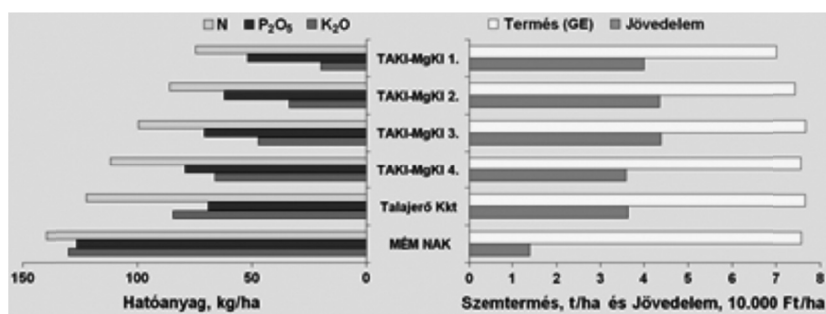
Az új, környezet- és költségkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer négy műtrágyázási szinten ad szaktanácsot: 1) minimum; 2) környezetkímélő; 3) mérleg-szemléletű; 4) maximum növénytáplálási szint. A *minimum* növénytáplálási szinten PK trágyázást a jó és annál magasabb ellátottságokon, a *környezetkímélő* növénytáplálási szinten az igen jó és annál magasabb PK ellátottságtól nem javasol a program.

1. táblázat. Az intenzív tápanyagellátást biztosító, valamint a környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszerek filozófiájának összehasonlítása (Csathó és mtsai. 1998)

Intenzív tápanyagellátás rendszere (MÉM NAK 1979)	Környezetkímélő trágyázási rendszer (MTA TAKI - MTA MGKI)
Maximális termésszintre való törekvés	Gazdaságos termésszintre való törekvés
A "talaj trágyázása" a cél	A "növény trágyázása" a cél
Jó- igen jó talaj PK-ellátottság elérése, majd fenntartása	Közepes-jó talaj PK-ellátottság elérése, majd fenntartása
Gyors talaj PK-feltöltés	Lassú talaj PK-feltöltés
Minden évben PK-trágyázás	A vetésforgó PK-trágyázása (periodikus PK-trágyázás)
PK-trágyázás minden talaj PK-ellátottsági szinten	PK-trágyázás csak jó-közepes és annál gyengébb talaj PK-ellátottsági szinten
Nagyobb talaj tápelem ellátottsági határértékek	Kisebb talaj tápelemellátottsági határértékek
Nincs túlzott talaj PK ellátottsági kategória	A túlzott talaj PK ellátottsági kategória bevezetése
Egységes talaj tápelem ellátottsági határértékek	Növénycsoporttól függő talaj tápelem ellátottsági határértékek
Nagyobb fajlagos tápelem tartalmak	Kisebb fajlagos tápelem tartalmak
A tervezett termésszinttől független fajlagos tápelem tartalmak	A tervezett termésszinttől függő fajlagos tápelem tartalmak

Amennyiben ezt a trágyázási gyakorlatot folytatjuk, a közepes PK ellátottságot fogjuk elérni, ill. fenntartani. A mérlegszemléletű és a maximum növénytaplálási szinteken az ellátottsági kategóriától függő szorzószámok nagyobbak, és még az igen jó PK ellátottságon is javasol csökkentett mennyiségű PK trágyázást. E két növénytaplálási szinten a jó PK ellátottság elérése, ill. fenntartása a cél. Túlzott PK ellátottsági szinten viszont már egyik változat sem javasol PK trágyázást. Ugyanakkor, még a legmagasabb, a maximum növénytaplálási szinten is jóval alacsonyabbak a javasolt adagok, mint az intenzív (MÉM NAK 1979) szaktanácsadási rendszer ajánlásai, különösen is a jó, igen jó, és túlzott talaj PK ellátottsági szinteken.

Az ország három talaján (barna erdőtalaj, csernozjom, réti talaj), három növényvel (őszi búza, kukorica, tavaszi árpa) beállított 3 éves IMPHOS teszt kísérletek eredményei igazolták a Pro Planta rendszer költség- és környezetkímélő voltát: a hat ajánlás közül a TAKI-MGKI 2. (környezetkímélő) és 3. (mérleg-szemléletű) szintjai bizonyultak a leggazdaságosabbaknak (1. ábra).



1. ábra. Hazai szaktanácsadási rendszerek összehasonlítása jövedelmezőség szempontjából az IMPHOS kísérletekben, 3 év, 3 hely és 3 növény átlagában, 2004-2006

Köszönetnyilvánítás

A munkát az OTKA (T6511; T30180) az OMFB (05563), az IMPHOS, és a GAK (2005 6B_KM_05) pályázatok támogatták.

Irodalom

- Árendás, T. Csathó, P. 2002. Comparison of the effect of equivalent nutrients given in the form of farmyard manure or fertilizers in Hungarian long-term field trials. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33: 2861-2878.
- Bray, R. H., Kurtz, L. T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Csathó, P. 1997. Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960-1990. *Agrokémia és Talajtan*, 46: 327-345.
- Csathó, P. 2001. Összefüggés a talajsavanyodás mértéke és a mészhatások között a hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán, 1950-1998. I. A mészhatformák és a talajtulajdonságok szerepe a mészhatások megjelenésében. *Agrokémia és Talajtan*, 50: 103-118.
- Csathó, P. 2003a. Kukorica N hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Agrokémia és Talajtan*, 52: 169-184.
- Csathó, P. 2003b. Őszi búza P-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Növénytermelés*, 52: 679-701.
- Csathó, P., Árendás, T., Németh, T. 1998. New, environmentally friendly fertiliser advisory system, based on the data set of the Hungarian long-term field trials set up between 1960 and 1995. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29: 2161-2174.
- Debreczeni, B., Debreczeni, K. (Szerk.) 1994: Trágyázási Kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó, Budapest. 411 p.
- Kádár, I. 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI-AKAPRINT, Budapest. 398 p.
- MÉM NAK. 1979: Műtrágyázási irányelvek és a műtrágyázás üzemi számítási módszere. (Szerk.: Buzás, I. és Fekete, A.) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Németh, T. 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI, Budapest. 382 p.
- Sarkadi, J., Thamm, F.-né, Pusztai, A. 1987: A talaj P-ellátottságának megítélése a korrigált AL-P segítségével. *Melioráció-Öntözés és tápanyaggazdálkodás*, 66-72. Agroinform, Budapest.
- Szücs E., 2006. Az ÉGyDKF környezetkímélő gyümölcsös fenntartó trágyázási szaktanácsadási rendszere jellemzői, felépítése, alapelve. Kézirat. Budapest.
- Szöke L., 2006. A szőlő környezetkímélő fenntartó trágyázási szaktanácsadási rendszere jellemzői, felépítése, alapelve. Kézirat. Kecskemét.
- Terbe I., Kappel N. Csathó P. 2005. Új irányelvek a szántóföldi zöldségfélék trágyázásában. *Gyakorlati Agroforum*, 16(6): 51-56.
- id. Várallyay, Gy. 1950. A műtrágyázást irányító kísérletek és vizsgálatok. *Agrokémia*. 2: 287-302.
- Várallyay Gy, Buzás I., Kádár I, Németh T. 1992. New plant nutrition advisory system in Hungary. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23(17-20): 2053-2073.

TALAJ–GYÖKÉR RENDSZER ELEKTROMOS KAPACITÁSMÉRÉSÉNEK MEZŐGAZDASÁGI ALKALMAZHATÓSÁGA

CSERESNYÉS IMRE, TAKÁCS TÜNDE, RAJKAINÉ VÉGH KRISZTINA, LEHOCZKY ÉVA,
RAJKAI KÁLMÁN

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet
1022 Budapest, Herman Ottó u. 15.
cseresnyes.imre@rissac.hu

A talaj–gyökér rendszer elektromos kapacitásának (EC) mérése megfelelő vizsgálati körülmények között alkalmas módszer a növényi gyökérméret, illetve -aktivitás gyors, *in situ* meghatározására. Kukoricával végzett tenyészedény-kísérletekkel igazoltuk, hogy az EC-mérés megfelelő eljárás a gyökérfejlődést és -működést befolyásoló környezeti tényezők, pl. herbicidkezelés, mikorrhiza-kolonizáció vagy gyomkompetíció hatásának detektálására. Kapott eredményeink alapján javaslatokat tettünk a gyökérkapacitás-mérés szélesebb körű, főként a mezőgazdasági gyakorlatot érintő, potenciális alkalmazási területeire vonatkozóan.

Bevezetés

A hagyományos gyökérmérési módszerek destruktív jellegük, illetve nagy idő-, munka- vagy eszközigényük miatt rendszerint nem teszik lehetővé nagyszámú növény folyamatos monitorozását. Sok esetben a modern, *in situ* eljárások (pl. MRI) sem szolgáltatnak megfelelő információt a gyökérfelszín és gyökéraktivitás nagyságáról (Cao és mtsai. 2010). A talaj–gyökér rendszerben mért elektromos kapacitás (EC) az abszorptív gyökérfelület nagyságával növekszik (Chloupek 1972); a jelenség a felszívó gyökérrégiók membránjának polarizációjára és – felszínének nagyságával arányos – töltéstároló-képességére vezethető vissza (Dalton 1995, Ellis és mtsai. 2013). Megfelelő kísérleti körülmények beállításával a módszer jól alkalmazható a gyökérméret becslésére és a gyökérfejlődés monitorozására (Beem és mtsai. 1998, Preston és mtsai. 2004, Ozier-Lafontaine és Bajazet 2005, Rajkai és mtsai. 2005).

Célunk volt annak igazolása, hogy a kapacitásmérés alkalmas a növényt ért, a gyökérfejlődést és -működést befolyásoló környezeti hatások detektálására. Ily módon kívántuk feltárni ezen *in situ* módszer különféle potenciális alkalmazási területeit és gyakorlati hasznosíthatóságát.

Anyagok és módszerek

Kukoricával végzett tenyészedény-kísérleteink a herbicidhatás (I.), az arbuszkuláris mikorrhiza gomba (AMF)-kolonizáció (II.), valamint a gyomkompetíció (III.) detektálására irányultak.

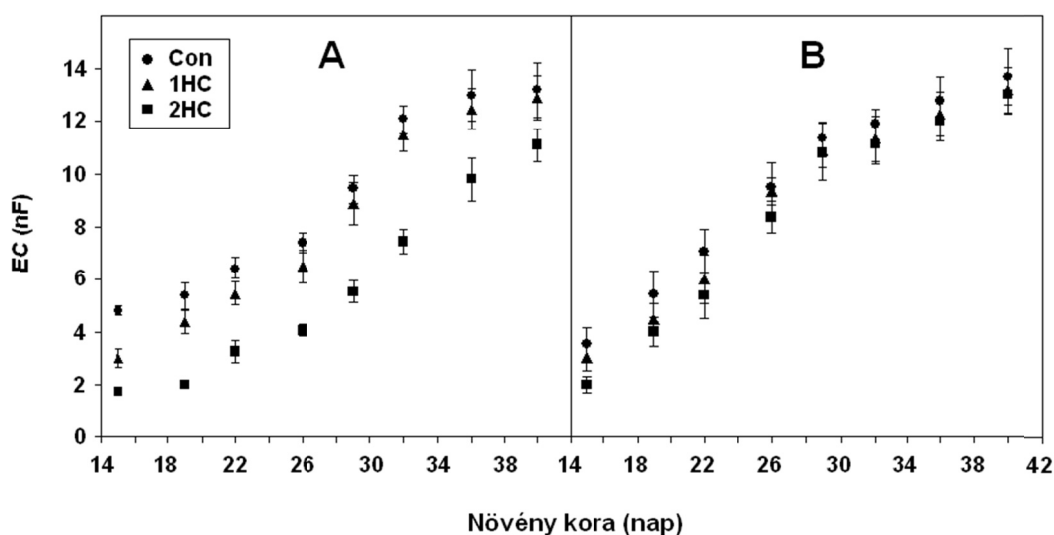
I. – *Herbicidhatás vizsgálata*: Acetoklór hatóanyag-tartalmú totális herbicidet használtunk tiszta (Harness®), valamint AD-67 antidóttummal kevert (Acenit A880 EC®) formában. A kezeletlen (Con) növények mellett egyszeri, kicsi és nagy (IHC: 1200 g/ha; 2HC: 2000 g/ha) dózisú herbicid kezelést alkalmaztunk a kelést követő 9. napon. A gyökérkapacitást a 40. napig rendszeresen mértük.

II. – *AMF-kolonizáció vizsgálata*: Oltatlan [AMF(-)] és AMF-inokulummal (1:1 *Glomus mosseae* és *G. intraradices*) oltott [AMF(+)] növények gyökérkapacitásának változását követtük nyomon 40 napos korig. A gyökértömeget és -felületet ezután destruktív eljárással határoztuk meg.

III. – *Gyomkompetíció vizsgálata*: Kakaslábfű (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv) kukorica fejlődésére gyakorolt kompetitív hatását vizsgáltuk, a kukorica-kontrollok (M0; 1 egyed/tenyészedény) mellett 1, 3 és 5 egyed/tenyészedény gyomdenzitásokkal (ME1, ME3, ME5). A kukorica gyökérfejlődését a gyökérkapacitás mérésével monitoroztuk (a 42. napig), majd a gyökértömeget destruktív módszerrel határoztuk meg.

Eredmények és következtetések

I. – *Herbicidhatás vizsgálata:* A herbiciddel kezelt és a kontroll növények gyökérkapacitásának ismételt mérése igazolta, hogy antidótum adagolása nélkül az acetoklór mindkét alkalmazott dózisban kimutathatóan gátolja a kukorica gyökérfejlődését (1/A. ábra). A 2HC növényeknél minden mérés során szignifikánsan kisebb EC-értéket kaptunk, mint a Con és 1HC csoportoknál. A kisebb herbiciddózis (1HC) gyökérnövekedést gátló hatása átmenetinek bizonyulva csak a herbicidadagolást követő 13 napig (22. nap) tartott, ezt követően a mért EC-értékek már statisztikailag azonosak voltak a Con csoportéval. Az EC-mérésekkel az AD-67 antidótum haszonnövényt védő hatása is megmutatkozott. A kisebb herbiciddózis (1HC) nem okozott szignifikáns változást a mért kapacitásokban, és a nagyobb dózis (2HC) hatása is átmeneti volt: az EC szignifikáns csökkenését csak a kezelést követő 17 napig (26. nap) tapasztaltuk (1/B. ábra).

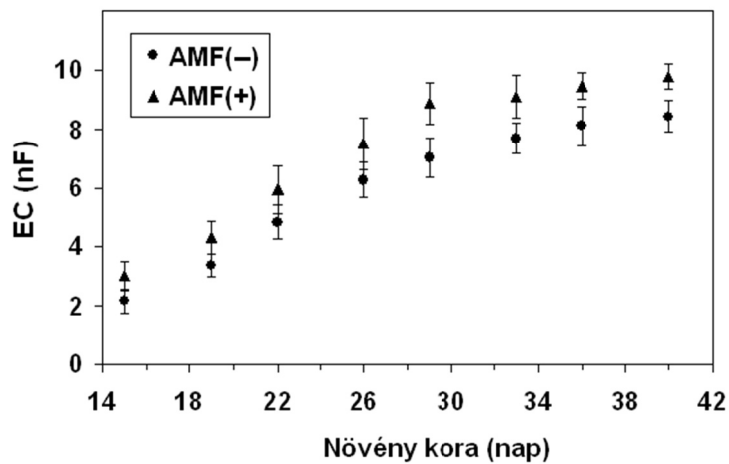


1. ábra. A gyökérkapacitás (EC) változása a kontroll (Con), valamint a kis (1HC) és nagy (2HC) herbicid-dózissal kezelt kukoricák esetén. (A) Tiszta acetoklór hatóanyag. (B) Acetoklór + AD-67 antidótum

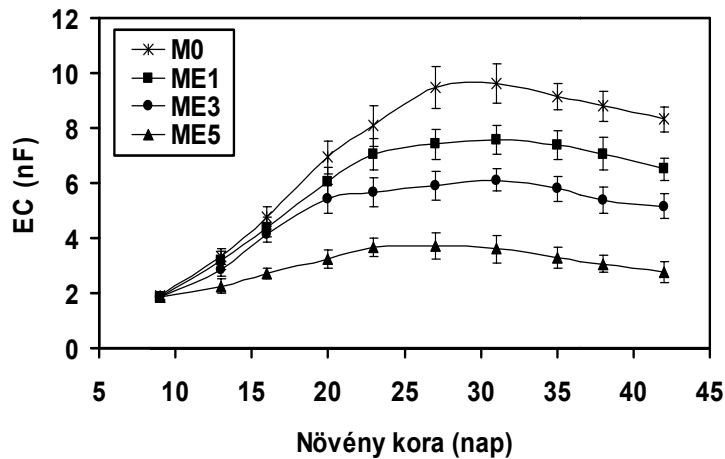
II. – *AMF-kolonizáció vizsgálata:* Az oltott növényeknél [AMF(+)] a kísérlet teljes időtartama alatt szignifikánsan magasabb gyökérkapacitást mértünk, mint a kontroll [AMF(-)] csoportnál (2. ábra). E tapasztalat az AMF-kolonizáció következményeként megnövekedett abszorptív felületre és konduktivitásra utal. A változást mind a növényi gyökérméret növekedése, mind az extraradikális hifák kontaktfelületet növelő hatása, esetleg a két jelenség együttes megjelenése okozhatta. Az utolsó EC-mérést követő destruktív vizsgálat azonban kimutatta, hogy az AMF-kolonizáció nem volt hatással a gyökérrendszer tömegére, ellenben 20%-kal növelte az átlagos gyökérméretét, valamint 32%-kal csökkentette a teljes gyökérhosszt és 17%-kal a gyökérfelületet (ez megfelelő víz- és tápanyagellátottságú gazdanövényeknél ismert jelenség; Kothari és mtsai. 1990). Ebből következően az AMF-kolonizáció, illetve az extraradikális hifák működése közvetlen módon megmutatkozott a gyökérrendszer elektromos kapacitásának növekedésében (Cseresnyés és mtsai. 2013).

III. – *Gyomkompetíció vizsgálata:* A kakaslábfü jelenléte mindhárom alkalmazott denzitásban gátolta a kukorica növekedését; a kompetíció mértéke a kukorica EC-értékeiben jól tükröződött (3. ábra). A gyökérfejlődés gátlása a gyomdenzitás emelkedésével egyre korábbi fejlődési szakaszban mutatkozott meg: az ME1, ME3 és ME5 kezelésekben az EC

rendre a 20., 16. és 13. napon vált szignifikánsan kisebbé, mint a kontroll (*M0*) kukoricáké. Az utolsó mérés (42. nap) szerint a növekvő gyomdenzitás 22%-os (*ME1*), 32%-os (*ME3*) és 67%-os (*ME5*) csökkenést eredményezett a gyökérkapacitásban a kontroll csoporthoz (*M0*) viszonyítva. A destruktív mérés a gyökér száraztömegének 28%-os, 49%-os és 69%-os csökkenését mutatta ki az adott csoportokban. Eredményeink jól megfelelnek a kukorica és kakaslábfü kompetíció-vizsgálata során szerzett korábbi tapasztalatoknak (*Lehoczky 2002, Lehoczky és Borosné Nagy 2002*).



2. ábra. A gyökérkapacitás (EC) változása a kontroll [*AMF(-)*], valamint az AM-gombával oltott [*AMF(+)*] kukoricák esetén



3. ábra. A gyökérkapacitás (EC) változása a kontroll (*M0*), valamint az 1, 3, illetve 5 kakaslábfüvel együtt nevelt (*ME1*, *ME3*, *ME5*) kukoricák esetén

Kísérleti eredményeink alátámasztják, hogy a gyökérkapacitás-mérés megfelelő *in situ* eljárás a gyökérnövekedést, illetve -aktivitást befolyásoló környezeti tényezők hatásának detektálására, a különböző kezelések adatainak összehasonlító elemzésén keresztül (*Cseresnyés és mtsai. 2012, 2013*). A módszer potenciális alkalmazhatósága a növényi fiziológiai és ökofiziológiai kutatásokon túl a mezőgazdasági gyakorlatot érintő területekre is kiterjed. Használata elősegítheti a különféle környezeti stresszekkel (pl. szárazság, fagy, tápanyaghiány) szemben leginkább ellenálló kultúrnövény-változatok szelekcióját gyökérfejlődésük monitorozásával. A gyökérkapacitás mérése lehetővé teszi egyes herbicidek és antidótumok hatásának nyomon követését és optimális dózisuk megállapítását, illetve

gyomok és haszonnövények herbicid-rezisztenciájának kimutatását. Emellett alkalmas lehet a gyökeret ért fertőzések, károsító hatások detektálására, illetve kompetitív és allelopatikus hatások kimutatására. A mikorrhiza-kutatásokban alkalmazható az infekció detektálására és az AM-gombatörzsek funkcionális hatékonyságának vizsgálatára, kiegészítve a munka- és időigényes, destruktív mikroszkópos technikákat. A módszer szerepet kaphat a – környezetvédelmi szempontból egyre fontosabbá váló – rekultivációs és remediációs programokban: segítségével monitorozható a toxikus anyagok (pl. nehézfém-ionok, szerves szennyezők) vagy a szélsőséges pH-viszonyok hatása éppúgy, mint a különféle talajjavító eljárások (pl. nehézfémek immobilizációja, tápanyag-utánpótlás, savanyítás–lúgosítás) eredményessége a növények fejlődésére nézve. Mindezek alapján elmondható, hogy a gyökérkapacitás-mérés további alkalmazhatóságának tesztelése és a módszer fejlesztése az alap- és alkalmazott kutatások számos területén haszonnal járhat.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat az OTKA 105789 sz. pályázatának támogatásával végeztük.

Irodalom

- Beem, J. van, Smith, M.E., Zobel, R.W. (1998) Estimating root mass in maize using a portable capacitance meter. *Agron. J.* 90: 566–570.
- Cao, Y., Repo, T., Silvennoinen, R., Lehto, T., Pelkonen, P. (2010) An appraisal of the electrical resistance method for assessing root surface area. *J. Exp. Bot.* 61: 2491–2497.
- Chloupek, O. (1972) The relationship between electric capacitance and some other parameters of plant roots. *Biol. Plant.* 14: 227–230.
- Cseresnyés, I., Fekete, G., Végh, R.K., Székács, A., Mörtl, M., Rajkai, K. (2012) Monitoring of herbicide effect in maize based on electrical measurements. *Int. Agrophys.* 26: 243–247.
- Cseresnyés, i., takács, t., végh, r.k., anton, a., rajkai, k. (2013) electrical impedance and capacitance method: a new approach for detection of functional aspects of arbuscular mycorrhizal colonization in maize. *Eur. J. Soil biol.* 54: 25–31.
- Dalton, F.N. (1995) *In situ* root extent measurements by electrical capacitance methods. *Plant Soil* 173: 157–165.
- Ellis, T., Murray, W., Paul, K., Kavalieris, L., Brophy, J., Williams, C., Maass, M. (2013) Electrical capacitance as a rapid non-invasive indicator of root length. *Tree Physiol.* 33: 3–17.
- Kothari, S.K., Marschner, H., George, E. (1990) Effect of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganism on root and shoot morphology, growth and water relations in maize. *New Phytol.* 116: 303–311.
- Lehoczky É. (2002) Az *Echinochloa crus-galli* (L.) P. B. és a kukorica korai kompetíciójának hatása. II. A növények tápanyagfelvétele. *Magyar Gyomkut. és Techn.* 3(2): 21–30.
- Lehoczky É., Borosné Nagy A. (2002) Az *Echinochloa crus-galli* (L.) P. B. és a kukorica korai kompetíciójának hatása. I. A növények növekedése. *Magyar Gyomkut. és Techn.* 3(1): 14–20.
- Ozier-Lafontaine, H., Bajazet, T. (2005) Analysis of root growth by impedance spectroscopy (EIS). *Plant Soil* 277: 299–313.
- Preston, G.M., McBride, R.A., Bryan, J., Candido, M. (2004) Estimating root mass in young hybrid poplar trees using the electrical capacitance method. *Agroforest. Syst.* 60: 305–309.
- Rajkai, K., Végh, R.K., Nacsa, T. (2005) Electrical capacitance of roots in relation to plant electrodes, measuring frequency and root media. *Acta Agron. Hung.* 53: 197–210.

EDAPHOLOG SYSTEM: EGY ÚJ ESZKÖZ A TALAJLAKÓ ROVAROK ON-LINE MONITOROZÁSÁRA

DOMBOS MIKLÓS, BÁNSZEGI OXÁNA, KOÓS SÁNDOR, LÁSZLÓ PÉTER

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Környezetinformatikai Osztály
1022 Budapest, Herman Ottó u. 15.
dombos.miklos@agrar.mta.hu

A talaj szervesanyag lebontásában résztvevő mezofauna terepi vizsgálata egyre fontosabb szerepet kap az utóbbi időkben a különböző környezetvédelmi vizsgálatokban. A szabványos módszerek azonban időigényesek és drágák. Egy LIFE+ projekt (MEDAPHON) keretében olyan szenzor rendszert fejlesztettünk ki, amely a talajban telepítve folyamatosan képes detektálni bizonyos talajlakó állatokat, becsli azok testméretét, melynek segítségével a talajlakó mikroarthropodák denzitása és biomasszája időben folyamatosan mérhető. Emellett a talajhőmérséklet és nedvesség óránkénti mérése is megvalósítható az eszközzel. Az EDAPHOLOG monitorozó rendszerben optikai szenzorokkal felszerelt talajszondákat alakítottunk ki, melyek a mért adatokat GSM/GPRS adattovábbítással egy központi szerverre juttatják. Automatikus adatbázisba töltés után, az EDAPHOWEB alkalmazáson keresztül internetes felületen, on-line módon végigkísérhetjük a monitorozást, illetve irányíthatjuk a szondák működését. Továbbá egy java alkalmazás az automatikus adatpublikálást is lehetővé teszi. Az eszköz áramfelhasználása 2-3 hónapos, folytonos mérést tesz lehetővé akkumulátor csere nélkül. Az alábbiakban a monitorozó rendszer felépítését, a laboratóriumi tesztek pontossági vizsgálatának eredményeit, továbbá a 2012-13-ban elvégzett monitorozás tapasztalatait mutatjuk be.

Bevezetés

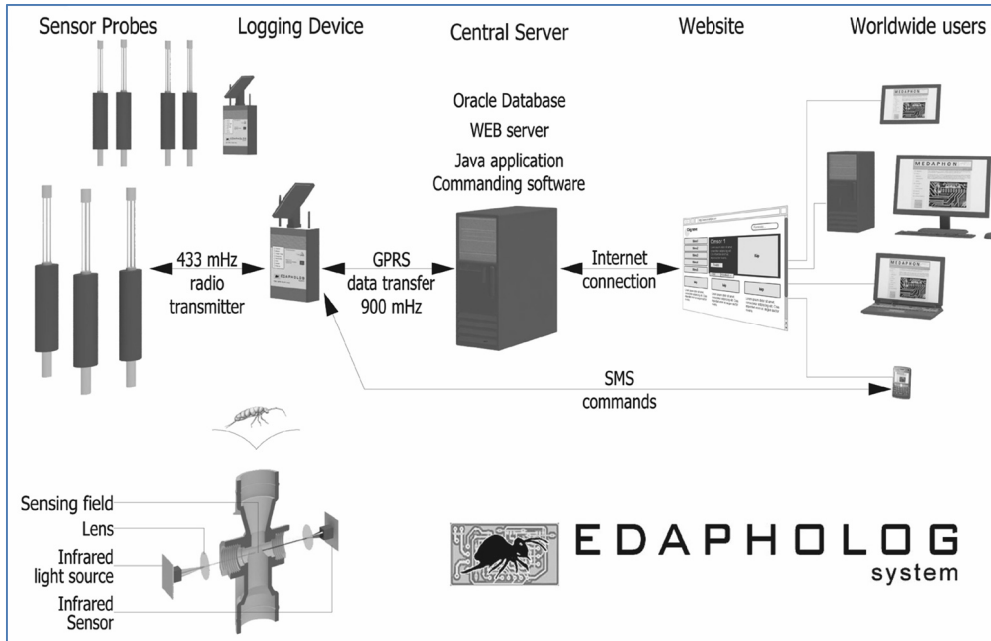
Talajlakó mikroorganizmusok révén történik többek közt a szerves anyagok lebontása és mineralizációja, a növények tápanyagokkal való ellátása, de részt vesznek pl. a szennyezőanyagok degradációjában is (*Bardgett és mtsai. 2005, Wall és mtsai. 2012*). Talajban élő lebontó szervezetek igen fontos ökoszisztéma-szolgáltatásokat nyújtanak és alapvetően járulnak hozzá a növények egészségéhez. A talajban élő organizmusok összetétele és egyedszáma és ezek biológiai aktivitása térben és időben igen változatos (*Ettema és mtsai. 2002*). Ezek az élőlények igen érzékenyek, indikálják, ha valamilyen degradációs folyamat előrehalad a talajban (*Giller és mtsai. 1997, Gardi és mtsai. 2009*). Bár a talaj biológiai aktivitásának mérése lehetővé teszi számunkra a földhasználat forrás-hatékony gyakorlását és segít megbecsülni a talaj minőségét, azonban ez még továbbra is bonyolult feladat, mert nem áll rendelkezésre egy megfelelő, megbízható, könnyen alkalmazható módszer (*ISO 2006, Bispo és mtsai. 2009*).

E probléma megoldására fejlesztettük ki az „EDAPHOLOG” talajbiológiai monitorozó eszközt, mellyel a talajlakó mezofauna valós idejű, in-situ terepi megfigyelését költséghatékonyan végezhetjük el. Az EDAPHOLOG rendszer újszerűsége abban áll, hogy elektronikus érzékelői automatikusan számolják a szondákba beleesett talajlakó rovarokat, miközben egyidejűleg testméretüket is megméri. Több hónapon keresztül képes emberi beavatkozás nélkül működni, miközben a felvett adatokat interneten keresztül továbbítja a megfelelő helyre.

Anyagok és módszerek

Az EDAPHOLOG monitorozó rendszer felépítése

Az EDAPHOLOG monitorozó rendszer alapját egy innovatív szonda alkotja, mely optikai-elektronikai szenzorok segítségével képes valós időben a talajlakó mezofauna mérésére. További eleme a szintén saját fejlesztésű GSM/GPRS adattovábbító egység, mely a szondák adatait a központi szerverre továbbítja. A monitorozás folyamatos távoli ellenőrzésére egy Oracle® és Java® alapú vezérlő szoftvert is kifejlesztettünk (1. ábra).



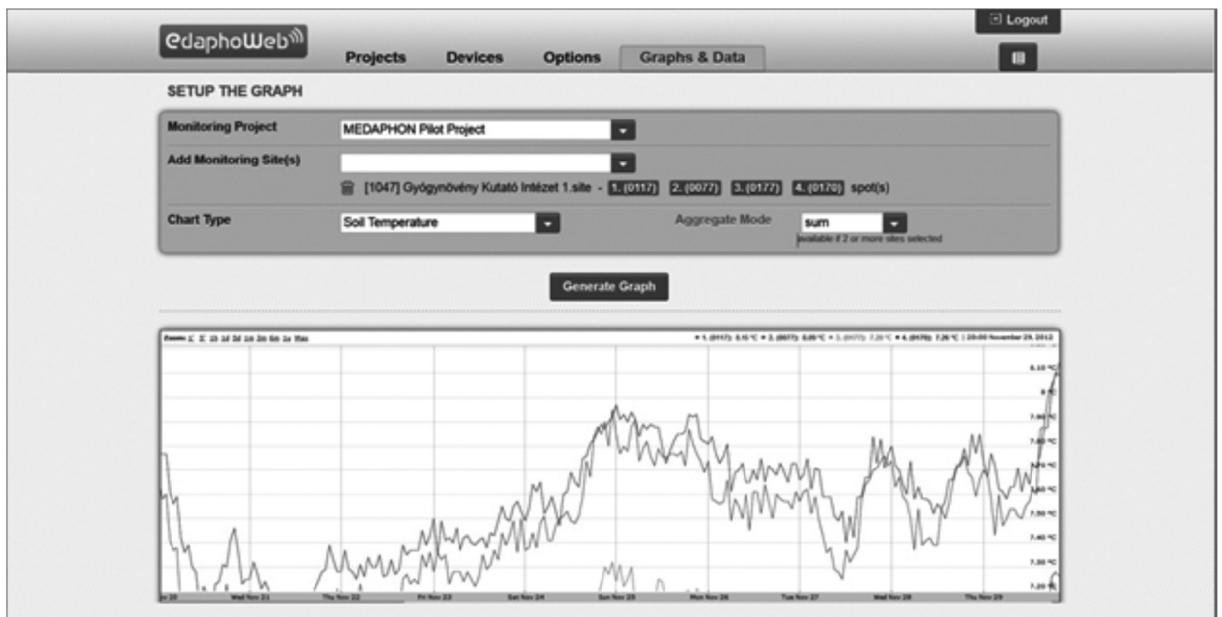
1. ábra. Az EDAPHOLOG monitorozó rendszer elvi működése

A szondákat úgy terveztük és alakítottuk ki, hogy képesek legyenek a talaj felső 15 cm rétegben aktív, mozgékony, talajlakó ízeltlábúak csapdázására, ugyanis itt a legmagasabb a gerinctelen aktivitás. A csapdázási módszer nagyon hasonló az általánosan alkalmazott Barber-csapda módszerhez. A szonda egy külső és egy belső PVC csőből áll. A belső cső tartalmazza az elektronikát, optikai érzékelőket és egy kisebb (2,5 cm) átmérőjű fémcsövet, mely a beeső állatokat továbbítja a szenzorok és a mintatartó felé. A belső cső felső 15 cm-es része hálóval borított, melynek az a feladata, hogy megakadályozza a túl nagy állatok és talajszemcsék behullását. Ennek érdekében, hogy megakadályozzuk a talaj szemcsék behullását a csőbe, egy másik rugalmas, külső, műanyag csőháló veszi körbe a belső csőhálót. A kettő közötti rész nedvesített agyaggolyókkal van feltöltve. Ez biztosítja az azonnali kapcsolatot a szonda és a környező talaj között, így a talajlakó állatok probléma nélkül mozoghatnak a szonda felé. Egy szonda 2-3 hónapig működhet megbízhatóan, ezután vezeték-nélkül, indukciósan lehet újratölteni.

Az optikai-elektronikai szenzor a talajlakó ízeltlábúakat beesés közben érzékeli, eközben megbecsli az egyedek testméretét. Az érzékelés az infravörös fény intenzitásának megváltozásán alapul. Az infravörös foto diódák 30°-os szögben emittáló, 950 nm hullámhosszú fényt bocsátanak ki, a divergens fényt plan-convex lencsék homogenizálják. Az infravörös fényáram áthalad az érzékelési mezőn, majd egy második plan-convex lencse fókuszálja az érzékelő felé. Az érzékelési mezőt megszakító állat intenzitásváltozást okoz, melynek amplitúdója és hossza alapján a mikrokontroller egység digitális jellé alakítja az észlelést. Ezután az elsődleges jel 1-255 közötti értéket a valós testméret becslésére kalibrálhatjuk.

Ha egy egyed beleesik a szondába, az esemény rögzítésre kerül, majd az adattovábbító egység az adatokat a központi adatbázisba továbbítja. Az adatgyűjtő/továbbító egység állandó és valós idejű rádiós kapcsolatot tart fent a hozzá rendelt szondákkal és a GSM / GPRS-kapcsolaton keresztül pedig a központi szerverrel. Az adatgyűjtő egy vízálló elektromos szekrény belsejében található, 7 Ah Li-ion

akkumulátor és napelem is táplálja. A GPRS adatüzenetek küldésének gyakoriságát a felhasználó maga állíthatja be. A szondák antennáit a környezetnek megfelelően álcáztuk.



2. ábra. Az EDAPHOWEB központi szoftver

A vezérlő szoftver három alegységből áll: (1) relációs adatbázis biztonsági tárolással, (2) vezérlőegység a szondák és adatgyűjtő egységek nyomon követésére és (3) web alapú alkalmazás az elemzésre és megjelenítésre. Az EDAPHOLOG rendszer minden egységét (szondák, adatgyűjtő egységek) egy Java ® alapú vezérlő szoftver ellenőrzi, melyet kifejezetten ehhez a rendszerhez fejlesztettünk ki. Az adatbázis az Oracle ®-n fut. Az adatok megjelenítése is a vezérlő szoftveren keresztül történik. A vezérlő szoftver lehetővé teszi, hogy valós időben követhessük a vizsgálatokat: minden szondát és adatgyűjtőt egyidejűleg utasíthatunk egy internetes oldalon keresztül. Az oldalról az adatok nyers vagy feldolgozott formában is letölthetőek, táblázatos vagy grafikus formában tekinthetőek meg. Az EDAPHOWEB segítségével a monitorozás teljes folyamatát ellenőrizhetjük: (1) „Projects” menü alatt a monitorozott helyszíneket, (2) a „Devices” menü alatt az EDAPHOLOG egységeket lehet beállítani és nyomonkövetni; Az „Options” menü alatt SMS-ekkel utasíthatjuk az adatgyűjtő egységeket és a „Graphs & Data” menü alatt az adatokat kérdezhetjük le és tekinthetjük meg (2. ábra).

Eredmények és következtetések

Laboratóriumi vizsgálatokat végeztünk annak érdekében, hogy értékelni tudjuk az EDAPHOLOG rendszer használhatóságát az egyedszám és testméret mérésében, vagyis hogy mennyire megfelelő alternatíva a hagyományos technikákkal szemben. Elsőként élő állatokkal teszteltük a szondákat. A számlálási siker vizsgálatában azt az eredményt kaptuk, hogy a számlálási hatékonyság elérte a 100%-ot a 0.7 mm hosszú vagy ennél nagyobb ízeltlábúak esetében. A testméretet 1 mm-es kategóriákban, vagy a közvetlen adatok függvénykonvertálásával lehet megkapni.

A szonda számolás hatékonysága és mérete becslése mellett fontos a csapdázási hatékonysága is. Terepi körülményeket szimulálva laboratóriumban teszteltük a szondának ezt a képességét. Természetes kondícióknak megfelelően kis mozgásképességű ugróvillásokat használva 3 egyedsűrűséget állítottunk be: alacsony, közepes és magas denzitás. 34 napig követjük a fogás hatékonyságát. Az eredmények azt mutatják, hogy a csapdázási hatékonyság

többé-kevésbé állandó, illetve ahogy az várható volt, a csapdázásban szignifikáns különbség mutatható ki a denzitásnak megfelelően. Megjegyzendő továbbá, hogy a fogás nem nőtt olyan szintre, hogy az veszélyeztetné egy természetes populáció fennmaradását.

A mezofauna összetételének időbeli dinamikáját (egyedszám és testméret eloszlás) 50 különbözőhelyszínen 200 db EDAPHOLOG szonda felhasználásával vizsgáltuk 2013 őszén, különböző élőhelyeken és talaj típusokon: száraz gyepekben, üde legelőkön, tölgyes ill. bükkös erdőkben és szántókon. Talajtípusok szerint pedig: agyagbemosódásos barna erdőtalajokon, csernozjom talajokon, humuszos homoktalajokon, réti talajokon és szikesen. Minden helyszínen 4 db EDAPHOLOG szondát és egy adatgyűjtő logger egységet telepítettünk. Minden EDAPHOLOG-szondát az adatgyűjtő egység 50 méteren belüli körzetébe telepítettük, mivel ezen a távolságon belül garantált csak a biztonságos kommunikáció a szondák és adatgyűjtők közt. A monitorozást az Edaphoweb szoftverrel irányítottuk.

Eredményként elmondható, hogy a szondák rendeltetésszerűen működtek. Egy esetben tapasztaltuk, hogy a szondába talajvíz szivárgott be. Az azonban megjegyzendő, hogy a nagy fémépítmények, magasfeszültségű elektromos vezetékek, vezeték-nélküli biztonsági rendszerek zavarhatják az EDAPHOLOG rendszer rádiós jelátvitelét. Bár 2012-ben nem tudtuk a teljes szezont végig monitorozni, az időjárási viszonyok változásának hatása így is kimutatható volt. Továbbá megállapítható, hogy az optikai-elektronikai érzékelők a vártak megfelelően működtek, a szonda szenzoraival érzékelt és a csapdájával fogott egyedszám közel azonos volt.

Köszönetnyilvánítás

A munkát a MEDAPHON EU/LIFE+ „Monitoring Soil Biological Activity by using a novel tool: EDAPHOLOG-System – system building and field testing MEDAPHON LIFE 08ENV/H/000292” pályázat támogatta.

Irodalom

- Bardgett, R.D., Hopkins, D.W., Usher, M.B. (2005). *Biol. Div. and Funct. in Soils*, Cambridge University Press.
- Bispo, A., Cluzeau, D., Creamer, R., Dombos, M., Graefe, U., Krogh, P.H., Sousa, J.P., Peres, G., Rutgers, M., Winding, A. (2009) "Indicators for monitoring soil biodiversity." *Integr. Environ. Assessment and Manage.* 5: 717-719.
- Ettema, C.H., Wardle, D.A. (2002) "Spatial soil ecology." *Trends in Ecology & Evolution* 17: 177-183.
- Gardi, C., Montanarella, L., Arrouays, D., Bispo, A., Lemanceau, P., Jolivet, C., Mulder, C., Ranjard, L., Römbke, J., Rutgers, M. (2009) "Soil biodiversity monitoring in Europe: ongoing activities and challenges." *Eur. J. of Soil Sci.* 60: 807-819.
- Giller, K.E., Beare, M.H., Lavelle, P., Izac, A., Swift, M.J. (1997) "Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function." *Appl. Soil Sci.* 6: 3-16.
- ISO (2006). Soil Quality – Sampling of Soil Invertebrates Part 2: Sampling and Extraction of Microarthropods (Collembola and Acarina). *ISO*.
- Wall, D.H., Bardgett, R.D., Behan-Pelletier, V., Herrick, J.E., Jones, T.H., Ritz, K., Six, J. (2012). *Soil Ecology and Ecosystem Services*, Oxford University Press.

A TALAJ SZERVES SZÉNTARTALMÁNAK ÉS A RAKTÁROZOTT SZERVES SZÉN MENNYISÉGÉNEK VIZSGÁLATA TALAJMŰVELÉSI TARTAMKÍSÉRLETBEN

DUNAI ATTILA, TÓTH ZOLTÁN, JOLÁNKAI PÉTER

*Pannon Egyetem, Georgikon Kar
Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék
8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.
dunai.attila@2004.georgikon.hu*

Vizsgálatainkat a Pannon Egyetem Georgikon Kar Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszékének Kísérleti Telepén végeztük Keszthelyen egy 1972-ben beállított, kukorica-búza bikultúra növényi sorrendű, talajművelési tartamkísérlet kukorica szakaszaiban. A kísérlet kéttényezős, osztott parcellás elrendezésű, négy ismétléssel, amelyben három különböző talajművelési változat szerepel. A kísérleti hely talaja Ramann-féle barna erdőtalaj. Vizsgálatainkhoz bolygatott talajmintákat gyűjtöttünk a parcellák 0-10 cm-es és 10-30 cm-es rétegeiből. Az eredmények statisztikai megbízhatóságát kéttényezős variancia-analízissel elemeztük, az SPSS programcsomag segítségével. Az eredmények szerint a vizsgált szerves széntartalom vonatkozásában statisztikailag igazolható különbségek mutathatóak ki az egyes talajművelési változatok között.

Bevezetés

A talaj művelése a növények fejlődéséhez és növekedéséhez szükséges alapvető tér kialakításával nagy fontossággal bír a hagyományos növénytermesztési rendszerekben (Cannell 1985). A művelés kivitelezése valamilyen fokú mechanikai beavatkozással jár (vágás, törés, keverés stb.), az egyes elemek között azonban ezen a téren is jelentős különbségek mutakozhatnak.

Az egyes művelési módok között nagy jelentőséggel bír a hagyományos, ekével végzett szántás, melynek során a cél a növényi maradványok teljes bekeverése, ill. aláfordítása miközben a megfelelő magány készítése külön feladatként jelentkezik (Carter és mtsai. 2003). Számos előnye közül kiemelendő a gyomnövények, növényi kórokozók és állati kártevők életciklusának megszakítása (Gajri és mtsai. 2002) vagy a pl. a felszín közeli tömörödés megszüntetése. Mindezek mellett azonban hátrányok is jelentkeznek, melyek elsősorban bizonyos fokú tömörödésben és eróziós veszélyben, ezeken keresztül pedig a produktivitás csökkenésében nyilvánulnak meg (Lal és mtsai. 2007).

Más módszerek, mint pl. a tárcsával végzett művelés kisebb fokú beavatkozást jelent a talaj fizikai viszonyaiba, ezzel szemben akár a növényi maradványok 30%-a is a talaj felszínén maradhat (Davies és Finney 2002). További lehetőségként jelentkeznek a különböző minimum művelési módok, és a direktvetés is, ahol a talaj egészen a vetésig bolygatatlan, továbbá –ennek minden előnyével és hátrányával együtt– az összes tarlómaradvány a felszínen marad.

A hagyományos művelési módok felől a csökkentett műveléseken át a direktvetésig terjedően csökken a művelés intenzitása (Morris és mtsai. 2010). Bár a művelés módjának megválasztása számos faktor függvénye (Carter és mtsai. 2003), a hagyományos művelés elterjedtségének egyik alapja –a szükséges eszközök rendelkezésre állásán túl– a hatékony gyomszabályozás (Morris és mtsai. 2010), mindamelllett, hogy hatékony gyomirtó szerek már régóta rendelkezésre állnak (Cannell 1985). A direktvetés fő előnye az energia-megtakarítás mellett az erózió jelentős csökkentésében rejlik (Sprague és Triplett 1986).

Bár az irodalomban számos példát találunk arra, hogy a minimum művelés hosszú távon ajánlott és alkalmazható eszköz lehet az egyes talajok szerves széntartalmának növelésére

(Lal és mtsai. 1999, Six és mtsai. 2004), a helyzet nem ennyire egyértelmű (ld. Pudget és Lal 2005). A művelés módja mellett ugyanis számos egyéb tényező is befolyásolja a szerves széntartalmat, mint pl. az éghajlat, a trágyázási gyakorlat, természetű növények és növényi sorrend, a növénymaradványok kezelése, stb.

A szerves széntartalomra hatással van a művelési mélység is. Baker és mtsai. (2007) vizsgálatai szerint 30 cm-es mélység alatt a művelés már nem befolyásolja a szerves széntartalmat. Mindemellett a talaj teljes szervesszén potenciálját a teljes profil szervesszén tartalma határozza meg (Ellert és Bettany 1995).

A talajokban raktározott teljes szerves szén mennyiségének ismerete több szempontból is fontos tényező. Habár számos adatot ismerünk a talajok szerves széntartalmáról (koncentrációról), viszonylag kevés adat áll rendelkezésre a teljes szerves szénkészlet mennyiségéről (Ellert és Bettany, 1995).

Vizsgálatainkban célul tűztük ki egy 41 éves tartamkísérlet három különböző módon művelt parcelláin szerves széntartalom mérését két rétegben, továbbá a teljes szerves szénkészlet meghatározását abból a célból, hogy egyrészt meghatározzuk az eltérő művelési módok mellett tapasztalható szerves széntartalmat, másrészt vizsgáljuk a művelés mélységének hatását a szerves széntartalomra, harmadrészt adatokat szolgáltatassunk az irodalomban kevésbé fellelhető raktározott teljes szerves szén mennyiségéről, hazai körülmények között.

Anyagok és módszerek

A kísérleti hely talaja Ramann-féle barna erdőtalaj, fizikai félesége homokos vályog, semleges kémhatású (pH(KCl) 7,2), természetes állapotban felvehető foszforral gyengén, káliummal közepesen ellátott, humusz tartalma 1,7%, bolygatatlan talajtérfoghat tömege 1,53 g/cm³. Az évi átlagos csapadék összeg 683 mm (100 éves átlag), az évi középhőmérséklet 10,8 °C. Vizsgálatainkat a Pannon Egyetem Georgikon Kar Növénytermesztéstan és Talajtani Tanszékének Kísérleti Telepén végeztük Keszthelyen egy 1972-ben beállított, kukorica-búza bikultúra növényi sorrendű, talajművelési tartamkísérlet kukorica szakaszaiban. A kísérlet kéttényezős, osztott parcellás elrendezésű, négy ismétléssel, amelyben három különböző talajművelési változat (hagyományos őszi mélyszántásra alapozott, őszi sekély tárcsás művelésre alapozott, valamint minimális - közvetlenül a vetés előtt végzett egyszeri sekély tárcsás - talajművelés) és évi 100–100 kg P₂O₅, illetve K₂O hatóanyag alapon kijuttatott, öt különböző N adag hatása tanulmányozható őszi búza (N: 0-120-160-200-240 kg ha⁻¹) és kukorica (N: 0-120-180-240-300 kg ha⁻¹) jelzőnövényeken. Az őszi búza és a kukorica jelzőnövények bikultúrában két évenként váltják egymást (őszi búza–őszi búza–kukorica–kukorica).

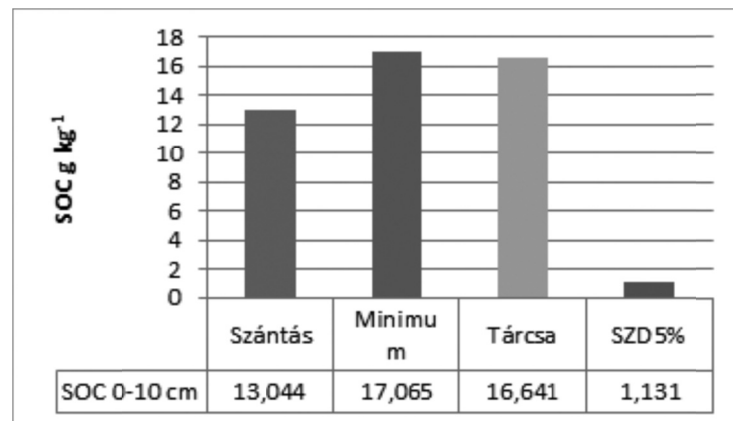
A szükséges mintákat kézfűró segítségével, közvetlenül a kukorica növény betakarítása után, 2011. október 4-én gyűjtöttük be. A talaj szerves széntartalmát elemanalizátorral (Elementar VarioMax CN, Elementar Analysensysteme GmbH, Németország), a vonatkozó ISO szabvány szerint határoztuk meg. Az eredmények statisztikai megbízhatóságát kéttényezős variancia-analízissel elemeztük, az SPSS programcsomag használatával.

Eredmények és következtetések

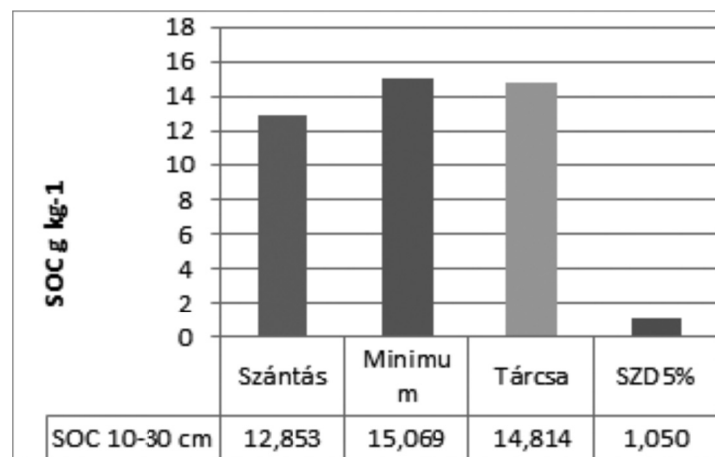
A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a talajművelés mindkét vizsgált rétegben szignifikánsan befolyásolta a szerves széntartalom értékeit. A vizsgálat talajművelési módok között mindkét rétegben a „szántásos” és „minimum”, valamint a „szántásos” és „tárcsás” művelések között találtunk statisztikailag igazolható különbséget. A „minimum” és a „tárcsás” művelések között ilyen különbség nem volt megállapítható (1-2. ábra).

A két vizsgált réteget összehasonlítva kitűnik, hogy a szerves széntartalom-értékek mindhárom művelési módnál magasabbak voltak a felső 0-10 centiméteres rétegben. A különbségek számszerű értékeit tekintve megfigyelhető, hogy míg a szántás esetében a

difference nem érte el a 0,2 g/kg értéket (0,191 g/kg) addig a másik két művelési módnál a szántáshoz viszonyítva közel tízszeres (1,996 és 1,827 g/kg) különbséget tapasztaltunk.



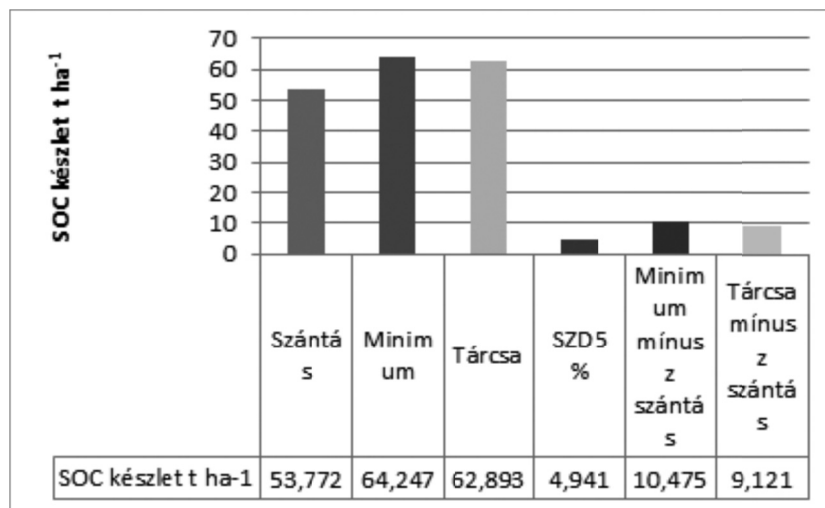
1. ábra. Különböző talajművelési módoknál mért szerves széntartalom (SOC) a 0-10 cm-es rétegben, a nitrogénkezelések átlagában



2. ábra. Különböző talajművelési módoknál mért szerves széntartalom (SOC) a 10-30 cm-es rétegben, a nitrogénkezelések átlagában

A szántásos művelési módnál a két réteg közötti minimális differencia ezen művelési mód keverő hatásával jól magyarázható. A másik két művelési módnál a nagyarányú különbségek a tarlómaradványok sekélyebb bekeverésével és így a szervesanyag felsőbb rétegekben történő felhalmozódásával magyarázható. Mindemellett a kisebb talajművelési intenzitású minimális és tárcsás művelési rendszerekben mért magasabb szerveszén tartalom a kevésbé intenzív bolygatásból eredő kevésbé intenzív oxidáció eredményének tekinthető.

A talaj teljes szerves szénkészletét a változatonkénti térfogattömeg értékek ismeretében kiszámítottuk. A két vizsgált réteg összegzésével előálló 0-30 centiméteres rétegben tekintve megállapítható, hogy a szántásos művelési változatban mérhető a legkevesebb, míg a minimum művelésben a legnagyobb szerves szénkészlet. A „szántás” és „minimum”, valamint a „szántás” és „tárcsa” művelési módok között statisztikailag igazolható különbséget tapasztaltunk. A minimum és a tárcsás művelés közötti kevesebb, mint 1,3 t/ha-os különbség nem bizonyult szignifikánsnak. A „szántásos” művelési móddal összehasonlítva a „minimum” művelésnél közel 10,5 tonna, míg a tárcsás művelésnél több, mint 9 tonna szerves széntöbblet mutatkozott a 0-30 cm talajrétegben (2. ábra).



3. *ábra.* A talaj teljes szerves szénkészlete (SOC) t/ha-ban kifejezve az egyes talajművelési változatok szerint a 0-30 centiméteres rétegben, a nitrogénellátás átlagában.

Köszönetnyilvánítás

Jelen cikk a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekt keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- Cannell, R.Q., 1985. Reduced tillage in north-west Europe - a review. *Soil & Tillage Res.* 5 (2), 129–177.
- Carter, A., Jordan, V., Stride, C., 2003. *A Guide to Managing Crop Establishment*. Soil Management Initiative, Chester.
- Gajri, P.R., Arora, V.K., Prihar, S.S., 2002. *Tillage for Sustainable Cropping*. Food Products Press, New York.
- Lal, R., Reicosky, D.C., Hanson, J.D., 2007. Evolution of the plough over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil & Tillage Res.* 93, 1–12.
- Davies, B., Finney, B., 2002. *Reduced Cultivations for Cereals: Research Development and Advisory Needs Under Changing Economic Circumstances*. Home Grown Cereals Authority, London (Research Review No. 48).
- Morris, N.L., Miller, P.C.H., Orson, J.H., Froud-Williams, R.J. 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment—A review. *Soil & Tillage Res.* 108, 1–15.
- Sprague, M., Triplett, G. (Eds.), 1986. *No-tillage and Surface-tillage Agriculture: The Tillage Revolution*. John Wiley & Sons, New York.
- Puget, P., Lal, R., 2005. Soil organic carbon and nitrogen in a Mollisol in central Ohio as affected by tillage and land use. *Soil Till. Res.* 80, 201–213.
- Baker, J.M., Ochsner, T.E., Venterea, R.T., Griffis, T.J., 2007. Tillage and carbon sequestration—what do we really know? *Agric. Ecosyst. Environ.* 118, 1–5.
- Ellert, B.H., Bettany, J.R., 1995. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Can. J. Soil Sci.* 75, 529–538.
- Six, J., Ogle, S.M., Breidt, F.J., Conant, R.T., Mosier, A.R., Paustian, K., 2004. The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practiced in the long term. *Global Change Biol.* 10, 155–160.
- Lal, R., Follett, R.F., Kimble, J., Cole, C.V., 1999. Managing U.S. cropland to sequester carbon in soil. *J. Soil Water Conserv.* 54, 374–381.

KÜLÖNBÖZŐ TRÁGYÁZÁSI RENDSZEREK HATÁSA A TALAJTERMÉKENYSÉG NÉHÁNY FONTOS PARAMÉTERÉRE

HOFFMANN SÁNDOR¹, LEPOSSA ANITA¹,
DAM SAO MAI², TRAN DUC VIET², SIMON SZANDRA¹

¹Pannon Egyetem, Georgikon Kar
Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék
8360 Keszthely, Deák F. u. 16.
hoffmann-s@georgikon.hu

²Ho Chi Minh Ipari Egyetem
Biotechnológiai és Élelmiszertechnológiai Intézet
Ho Chi Minh City, Vietnam

A terméseket, a talaj szerves szén-, nitrát-N-, felvehető mikroelem tartalmát, valamint az aggregátum stabilitást vizsgáltuk egy 50 éves szerves-műtrágyázási tartamkísérletben, istállótrágya ekvivalens műtrágya, szalmatrágya és ezek egyes kombinációinak függvényében. A műtrágya kezelések átlagosan 18%-kal magasabb termést adtak, mint az istállótrágya. A különbségeket elsősorban a műtrágyák jobb N-szolgáltatása hozta létre, mely a talaj NO₃-N tartalmában is jól kimutatható volt. A szerves trágyázás pozitív hatása a talaj szerves-C és mikroelem tartalmában, valamint a jobb aggregátum stabilitásában jelentkezett. Istálló-, vagy szalmatrágya hatására a talaj szerves-C tartalma 8 ill.9%-kal növekedett. A mikroelemek közül a Zn és B tartalom növekedett jelentős mértékben a szerves trágyázás hatására.

Bevezetés

A talajtermékenységek fenntartásának helyes módszerét illetően a világban eltérő szemléletmódok uralkodnak. Míg a biológiai gazdálkodás kizárja az ipari trágyák használatát, addig a magas fokú kemizálás hívei csaknem kizárólag műtrágyát használnak. Az integrált gazdálkodás mindkettő tápanyagforrást fontosnak tartja és mindegyiket a maga fontossága szerint értékeli. Az előbbi helyzetet jelentősen determinálják a gazdaság adottságai, az anyagi lehetőségek, és a gazdaságossági megfontolások. A fenti eltérő trágyázási gyakorlatok sokéves talajtermékenységre gyakorolt hatása azonban a mezőgazdasági táblákon nem mérhető fel, mivel a feltételek állandó változásban vannak és a körülmények kellően nem dokumentálhatók. Minden trágyázási technológiai változat hatásának kimutatása lehetetlen, de a fő változatok sokéves megbízható hatásának ismeretében a fő tendenciák különböző helyzetekre kellő biztonsággal kivetíthetők. Ennek megfelelően egy 50 éve beállított különböző gazdálkodási módokat reprezentáló kezeléseket tartalmazó szántóföldi tartamkísérlet kiválasztott eredményeit kívánjuk bemutatni, melyek segítségével egyes eltérő trágyázási rendszerek sokéves, a talaj termékenységek egyes kiválasztott paramétereire gyakorolt hatása tanulmányozható. Ennek segítségével felmérhetők a különböző trágyázási technológiák esetleges hiányosságai. Jelen dolgozatunkban az eltérő trágyázási rendszerek hatását a termés, és néhány kémiai és fizikai talaj paraméter alapján mutatjuk be. A talaj szerves anyagának fenntartásában a szerves trágyáknak jelentős szerepe van (*Lipavsky és mtsai. 2008, Teesalu és mtsai. 2006*).

Anyagok és módszerek

A szántóföldi tartamkísérlet Ramann-féle barna erdőtalajon került beállításra Keszthelyen, „A” és „B” vetésforgóval, istállótrágya (FYM) vagy ekvivalens hatóanyag-tartalmú (ekv.) NPK műtrágya

adagok, továbbá nagyadagú NPK műtrágyázás szerves anyag utánpótlással kombinált vagy anélkül alkalmazott kezeléseivel. Mindkét vetésciklus 15 kezelést tartalmazott, véletlen blokk elrendezésben, 4 ismétlésben 98 m²-es parcellákkal. Az „A” vetésciklus növényi összetétele: burgonya (1999-ig cukorrépa) – kukorica – kukorica – őszi búza – őszi búza, a „B” vetésciklus növényi összetétele: burgonya – őszi búza – őszi búza – kukorica – kukorica. A kísérlet két vetésciklusjának 2 × 15 kezeléséből tizenkettőt választottuk vizsgálatainkhoz „A”: kezeletlen kontroll, 3 növekvő adagú istállótrágya (FYM) (35, 70 és 105 t ha⁻¹ 5 évre), ezekkel azonos NPK műtrágyaadagok (1, 2 és 3eqv), továbbá nagyadagú NPK műtrágya 35 t ha⁻¹ istállótrágyával, vagy azzal ekvivalens NPK tartalmú műtrágyával kombinálva. A „B” vetésciklusból az aktuális növény szalmájának leszántása nagyadagú műtrágyázással (1. táblázat). A termőhelyen az évi átlagos hőmérséklet 10,4 °C, a sokéves csapadék (1951-2000) mennyisége 653 mm. A talaj szerkezete vályog (21,3% agyag), kémhatása semleges (pH_{KCl}=7,1–7,3), a beállításkori szerves-C tartalom (SOC) 0,8-0,9%, foszforban szegényen, (27–60 mgkg⁻¹ AL-P₂O₅), káliummal közepesen (135–160 mgkg⁻¹ AL-K₂O) ellátott. A kísérlet részletesebb leírása (Hoffmann és mtsai. 2008) munkájában olvasható.

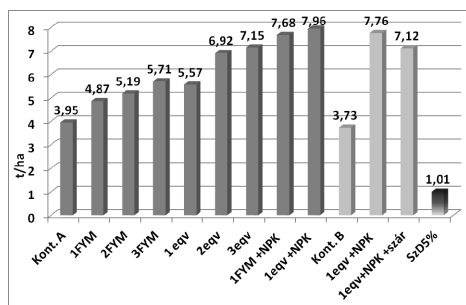
1. táblázat. A kiválasztott kezelések rövid leírása és rövidítései

Kezelés	Rövidítés	N (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	
1	Kontroll „A” forgó	Kont. „A”	0
2	35 t ha ⁻¹ FYM ^a	1FYM	44
3	70 t ha ⁻¹ FYM ^a	2FYM	88
4	105 t ha ⁻¹ FYM ^a	3FYM	132
5	35 t ha ⁻¹ FYM ekvivalens ásványi NPK ^a	1eqv	44
6	70 t ha ⁻¹ FYM ekvivalens ásványi NPK ^a	2eqv	88
7	105 t ha ⁻¹ FYM ekvivalens ásványi NPK ^a	3eqv	132
8	35 t ha ⁻¹ FYM ^b + N ₆₄₀ P ₃₆₀ K ₆₆₀ ^c	1FYM+NPK	172
9	1eqv ^b + N ₆₄₀ ^c P ₃₆₀ ^b K ₆₆₀ ^b	1eqv+NPK „A”	172
10	Kontroll „B” forgó	Kont. „B”	
11	1eqv ^b + N ₆₄₀ ^c P ₃₆₀ ^b K ₆₆₀ ^b	1eqv+NPK „B”	
12	1eqv ^b + N ₆₄₀ ^c P ₃₆₀ ^b K ₆₆₀ ^b szár	1eqv+NPK +szár	

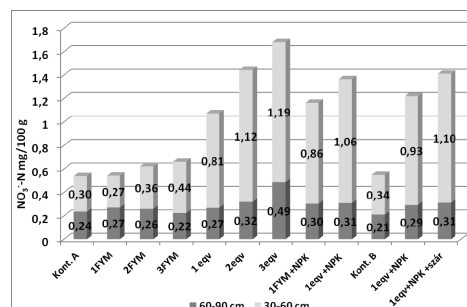
Magyarozat: ^a FYM, P és K két adagban, N évente, 5 évre; ^b 1 adagban 5 évre; ^c 5 adagban 5 évre, különböző N-dózisokkal a 3 növényre: burgonya N₁₂₀; kukorica N₁₆₀; őszi búza N₁₀₀

Eredmények és következtetések

A trágyaformák és adagok hatását a termésre a kiválasztott kezelések estében az utolsó tíz év átlagában az 1. ábra mutatja. A legnagyobb terméseket a nagy műtrágya adagokkal, illetve az istállótrágya-műtrágya kombinációjával lehetett elérni. Jól látható azonban, hogy már a 2 ekv. műtrágya kezelés eredményeképpen létrejött egy olyan termésszint, amely az adott körülmények között az ökonómiailag optimális termésnek ítéltető.



1. ábra. Termések a trágyázás függvényében (2004-2013)



2. ábra. A talaj 30-90 cm rétegének NO₃-N tartalma (2013)

Az öt évre két részletben kiadott istállótrágya adagok termései jelentősen elmaradtak az azonos hatóanyaggal, de évenként kijuttatott N műtrágyákétól. Így, az 1 eqv kezelés közel akkora termést adott, mint a legnagyobb istállótrágya kezelés. Ennek nyilvánvaló oka a tápanyagok nem megfelelő dinamikájú felszabadulásából származó rosszabb hasznosulás, ill. a talaj szerves-anyagába való fokozott beépülés. A két trágyázási rendszer átlagos különbsége 18 % a műtrágyázás javára. Sok év átlagában a szalma leszántás tendenciálisan negatívan befolyásolta a termést, de ez statisztikailag nem volt bizonyított.

A talaj nitrát-N tartalmát a 30-60 és a 60-90 cm-es talajrétegek alapján mutatjuk be, mivel ezekben a rétegekben az eltérő kezelések hatása megbízhatóbban jelentkezik. Az adatok 2013. áprilisi mintavétel eredményei. Az 2 ábrán látható a műtrágya kezelések talajainak jelentősen nagyobb a nitrát tartalma. A 30-60 cm-es rétegek jelentősen több nitrát-N-t tartalmaznak, mint az alattuk lévő réteg.

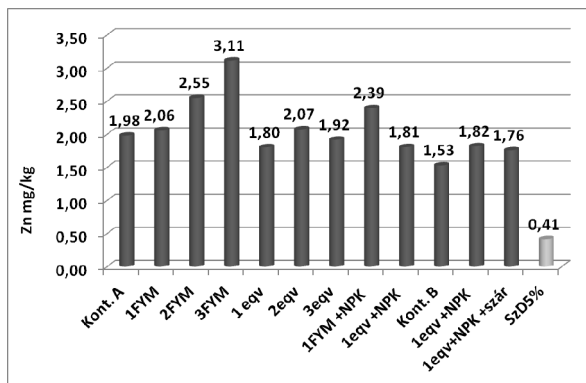
A talaj szerves-C (SOC) tartalmának vizsgálati adatait a 2. táblázatban mutatjuk be. Az utolsó 30 év hat alkalommal elvégzett vizsgálatok adatai alapján a következők állapíthatók meg: az istállótrágyázás valamint a szalmatrágyázás az évek átlagában 8 ill. 9 %-al növelte a SOC mennyiségét. Az egyes vizsgálati évek átlag adatai arra utalnak, hogy az eltelt utolsó 30 év során a talaj SOC tartalma jelentősen nem változott még a trágyázatlan kontroll esetében sem. Ennek oka, hogy a talaj alacsony kiindulási SOC tartalma esetén a változás mértéke is csekély (Mattson és Persson 2006), valamint hogy a szerves anyag jelentős része az igen lassan bomló frakció (Kubát és mtsai. 2006).

2. táblázat. A talaj szerves-C (SOC) tartalma (0-30 cm)

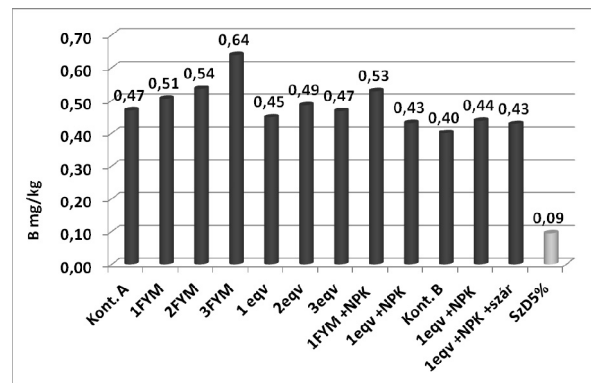
	1983	2000	2002	2007	2010	2013	Átlag
No	0,86	0,78	0,80	0,81	0,84	0,74	0,81
1 FYM	0,96	0,85	0,89	0,85	1,00	0,79	0,89
2FYM	0,88	1,00	0,92	0,89	1,02	0,88	0,93
3 FYM	0,99	1,04	0,97	1,01	1,05	0,89	0,99
FYM átlag	0,94	0,96	0,93	0,92	1,02	0,85	0,94
1eqv	0,80	0,84	0,85	0,90	0,88	0,78	0,84
2eqv	0,88	0,73	0,93	0,81	0,89	0,86	0,85
3eqv	0,98	0,86	0,95	0,93	0,97	0,85	0,92
eqv átlag	0,89	0,81	0,91	0,88	0,91	0,83	0,87
1 FYM /NPK	0,82	0,90	0,92	0,93	1,02	0,89	0,91
1eqv /NPK A	0,84	0,83	0,88	0,87	0,97	0,82	0,87
1eqv /NPK B	0,98	0,75	0,88	0,84	1	0,92	0,90
1eqv /NPK+szár	1,06	0,93	1,06	0,92	1	0,90	0,98
Átlag	0,91	0,87	0,91	0,89	0,97	0,85	0,90

Az istálló- és műtrágyázás hatását a **talaj felvehető mikroelem tartalmára** Cu, a Mn, a Zn, a Fe, és a B esetében vizsgáltuk. Ezen elemek közül a szaktanácsadási gyakorlat rutinszerűen az első hármat vizsgálja a talajban, utóbbi kettő jelentősen befolyásolt egyéb talaj tulajdonságok által is, ezért a növényvizsgálatok adnak megbízható eredményt. A trágyázás hatásának vizsgálata céljából azonban célszerűnek tartottuk valamennyi elem mennyiségének az elemzését. Az eredmények szerint a Cu, a Mn és a Fe nem mutatott jelentős és tendenciális különbségeket az eltérő trágyakezeléseknek megfelelően. Ezért csak a Zn és a B adatait mutatjuk be a 3. és 4. ábrán. Látható, hogy a sokéves istállótrágyázás hatására a mindkét elem statisztikailag is igazolhatóan növekedett. A műtrágyázás önmagában viszont nem befolyásolta érdemben ezen elemek mennyiségét.

3. ábra A talaj EDTA oldható Zn tartalma



4. ábra A talaj EDTA oldható B tartalma



Aggregátum stabilitás vizsgálatot Kemper féle módosított nedves szítalásos készülékkel, (Dunai és mtsai. 2013) végeztük, a mintavételtől számított 2 hét, valamint 2 hónap után a módszernek megfelelően, a kísérlet hat kiválasztott kezelésén és a trágyázatlan kontrollon. Egyértelmű kezeléshatások a 2 hónapos vizsgálatok eredményeként alakultak ki, ezért ezt közöljük. A csak szerves trágyákat tartalmazó kezelések morzsastabilitása minden esetben jelentősen átlagosan 47,8%-kal nagyobb volt a műtrágyás kezelések értékénél. A szerves trágyák hatása a kombinált estében is pozitív a szalmaleszántás a stabilitást 19,6%-kal növelte. Ezek az eredmények jó összefüggést mutatnak a talaj szerves-C tartalmának a szerves trágyák hatására bekövetkezett növekedésével.

Köszönetnyilvánítás

Jelen dolgozat részét képezi a TÉT _10-1-2011-0643 témaszámú Magyar–Vietnami közös kutatási projektnek.

Irodalom

- Balla, A. (1961) Az istállótrágyázás és a műtrágyázás hatásának összehasonlítása vetésforgó trágyázási kísérletben. 1. Az istállótrágya és a műtrágya hatása a növények termésére *Agrokémia és Talajtan* 4: 441-450.
- Hoffmann, S., Berecz, K. Hoffmann, B., Bankó, L. (2008) Yield response and N-utilization depending on crop sequence and organic or mineral fertilization. *Cereal Res. Commun. Suppl.*, 36. (1) 1631-1634.
- Dunai, A., Harmat, A., Tóth, Z., Makó, A. 2013. Talajok aggregátum-stabilitásának összehasonlító vizsgálata. In: *Talajvédelem Különszám*. Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában (Szerk.: Dobos, E., Bertóti, R.D., Szabóné Kele, G.). Talajvédelmi Alapítvány. Könyvműhely – Z-Press Kiadó. Miskolc. 143–156. ISBN 978-963-08-6322-3.
- Kubat, J., Cerhanová, D., Novaková, J., Lipavsky, J. (2006) Total organic carbon and its composition in long-term field experiments in the Czech Republic. *Archives of Agronomy and Soil Science* 52: 495-505.
- Lipavsky, J., Kubát, J., Zobak, J. (2008) Long-term effects of straw and farmyard manure on crop yields and soil properties. *Arch. Agron. Soil Sci.* 54: 369-379.
- Mattson, L., Persson, J. (2006) Impacts of rotations and crop residue treatments on soil organic matter content in two Swedish long-term experiments. *Arch. Agron. Soil Sci.* 52: 485-494
- Teesalu, T., Kuldkepp, P., Toomsoo, A., Laidvee, T. (2006) Content of organic carbon and total nitrogen in Stagnic Albeluvisols depending on fertilization. *Arch. Agron. Soil Sci.* 52: 193-200.

TALAJMŰVELÉS HATÁSA A MEZŐGAZDASÁGI TALAJOK SZÉN-DIOXID KIBOCSÁTÁSÁRA

TÓTH ESZTER, GELYBÓ GYÖRGYI, FARKAS CSILLA

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Talajtani Osztály
1022 Budapest, Herman O. u. 15.
teszter@rissac.hu

Bevezetés

Ma már egyértelmű, hogy az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja folyamatosan növekszik és egyre kevesebben vitatják az ebből eredő globális éghajlatváltozás tényét is. Tudományos előrejelzések szerint 2030-ra ezeknek a gázoknak az együttes koncentrációja eléri a szén-dioxidban megadott 560 ppm-es értéket, mely pontosan az iparosodási szint kétszerese (Foody és mtsai. 1996). A mezőgazdaság egyike a legnagyobb üvegházhatású gáz-kibocsátóknak, mely gázok kibocsátása az előrejelzések alapján a jövőben növekedni fog.

A szárazföldi ökoszisztémákban a szénkészlet jelentős; ennek egy része – 400-600 Pg C - az élőlényekben, más része – 2000 Pg C- a talajok felső 1 méterében raktározódik. A fent leírt számokból jól látszik, hogy a talajokban található szénkészlet nagyobb, mint ami a légkörben és a szárazföldi ökoszisztémákban együttesen megtalálható. Nem becsülhetjük le tehát a talajok szerepét a szén tározásában és a szén-dioxid légkörbe történő kibocsátásában, és nem hagyhatjuk figyelmen kívül a helyes, a talaj szénmegkötését elősegítő gazdálkodási, művelési rendszerek jelentőségét (Birkás 2006).

A mezőgazdaság mindig az egyik fő oka volt a légköri üvegházhatású gázok koncentrációjának – köztük a CO₂ - antropogén okokra visszavezethető növekedésének. Az 1920-as éveket megelőző időszakban a mezőgazdaság volt a legjelentősebb antropogén CO₂ forrás, melynek kibocsátása az 1800-as évek közepétől exponenciálisan növekedett (Houghton & Skole 1990). A XIX. század során a mezőgazdasági termelés intenzívebbé válásával párhuzamosan csökkent a talajok és a növényzet szerves széntartalma (Wilson 1978).

A Kiotói Jegyzőkönyv óta a szárazföldi ökoszisztémák a légköri szén-dioxid koncentráció szabályozásában betöltött szerepük miatt a tudományos és politikai érdeklődés középpontjába kerültek (IPCC 2000). A művelt területeken a megfelelő gazdálkodási módok alkalmazásával elérhető, hogy a terület hosszabb időtávon szénmegkötő legyen, vagyis a növényi fotoszintézis során több szén-dioxidot kössön meg, mint ami aztán kibocsátásként jelentkezik. Így egyrészt hosszútávon növelhető a talaj szerves anyag tartalma, másrészt ez az üvegházgáz kibocsátás csökkentésének egyik lépése lehet.

A mezőgazdasági területeken az egyik lehetőség a CO₂ emisszió csökkentésére a talajok szerves szén készleteinek megőrzésére és növelésére irányuló megoldások keresése. A helyes gazdálkodási feltételek megteremtésével az agroökoszisztémákat nettó CO₂ nyelőkké lehet formálni a nettó kibocsátók helyett (Cole és mtsai. 1996). A mezőgazdasági művelés módja komoly lehetőséget rejt magában a CO₂ emisszió csökkentésére és a szénelnyelés növelésére. Cole (1997) szerint a művelt területek talajában a szénkészleteket évente 0,44-0,88 billió tonna szénnel lehetne növelni, így 50 év alatt az eddig művelés miatt bekövetkezett szénvesztesség felét-kétharmadát vissza lehetne juttatni a talajokba. A mezőgazdasági területeken a CO₂ emisszió csökkentésére két féle lehetőség adódik; a tényleges emisszió csökkentése illetve a szén megkötés erősítése. Számos olyan tevékenység van, mellyel a

talajok szénelnyelő kapacitása növelhető, így a megfelelő talajgazdálkodás az egyik eszköz lehet a Kioto Jegyzőkönyvben lefektetett emisszió csökkentési célok eléréséhez. *Freibauer (2004)* szerint az Európai Unió területén a mezőgazdasági művelés alatt álló talajok 16 és 29 millió tonna közötti CO₂ megkötésére lehetnének képesek évente a biológiai potenciáljukat tekintve. Ez a mennyiség hozzávetően a Kiotói Jegyzőkönyvben az EU számára célként rögzített CO₂ kibocsátás csökkenés egyharmadának felel meg a 2008-tól 2012-ig tartó időszakot tekintve.

A talaj CO₂ kibocsátását a környezeti tényezők mellett számos talajfizikai, talajkémiai és talajbiológiai jellemző együttesen határozza meg. A művelt talajok esetén a talajművelés e jellemzők mindegyikét megváltoztathatja, mely által hat a talaj CO₂ kibocsátására (*Birkás & Jolánkai 2008*). A talajművelés mikéntje kulcsfontosságú lehet a talaj CO₂ kibocsátásának csökkentésében. Számos kutatás foglalkozik azzal, hogy a különböző intenzitású, hagyományos illetve csökkentett talajművelési rendszerek hatását értelmezze, az emisszióra, talaj szerves anyag tartalmára gyakorolt hatását meghatározza (*Kersebaum és mtsai. 2009, Smith és mtsai. 2009*).

A Talajtani és Agrokémiail Intézetben 2005 óta folynak CO₂ emisszió mérések a SZIE Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaság területén, ahol a hagyományos és a talajkímélő talajművelés hatását vizsgáljuk a talaj CO₂ kibocsátására.

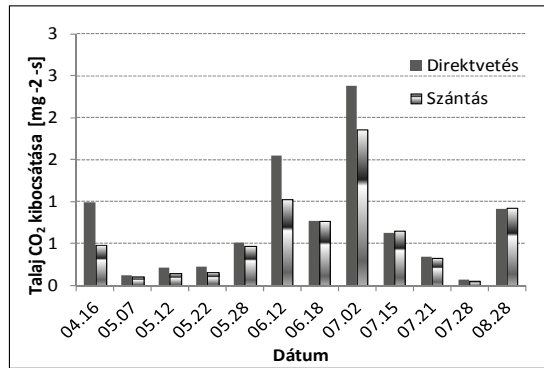
Anyagok és módszerek

A Hatvan körzetében található Kísérleti és Tangazdaságban (SZIE) 2002-ben állítottak be talajművelési tartamkísérletet. (*Birkás & Jolánkai 2008*). A kísérlet területe 2004 óta 4,68 ha, az ezt megelőző két évben 12,48 ha volt. A kísérleti terület sík, az uralkodó szélirány ÉNY-i. A területen a csapadék sokévi átlaga 580 mm, melyből 323 mm a vegetációs időszakban esik. A kísérlet négyismétléses, sávos véletlen elrendezésű, a parcellaméret 13 x 75 m = 975 m². A talaj mészlepedékes csernozjom /Calcic Chernozem/ (WRB, 2006), fizikai félesége vályog (*Birkás & Gyuricza 2004*). A kísérlet talaja savanyú, a pH érték (KCl) 5,33, az Arany féle kötöttségi szám 47. A kezelésektől függően a talaj humusztartalma a 0-10 cm-es rétegben 2,94-4,16%, a szerves széntartalom 1,94-2,03% között változik.

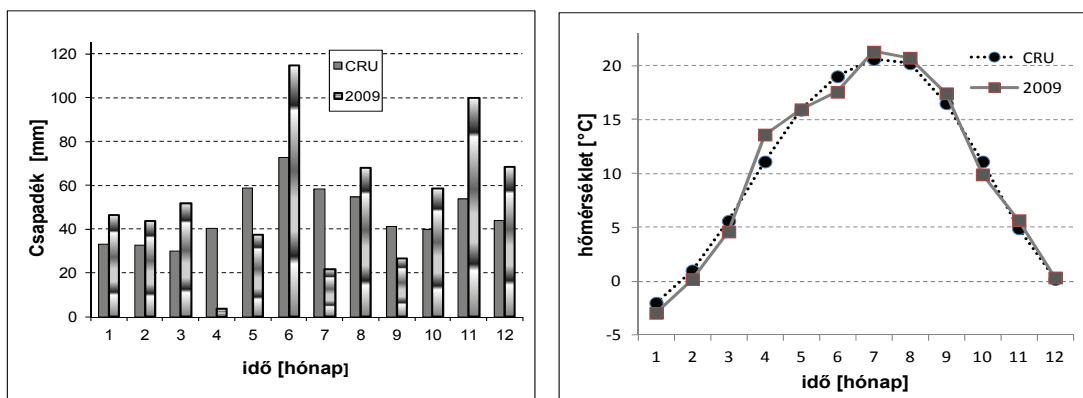
A területen alkalmazott 6 talajművelési mód (direktvetés [DV], sekély lazítás kultivátorral SK: 12-16cm], lazítás kultivátorral [K:16-20cm, lazítás tárcsával [T:16-20cm], szántás [SZ:26-30cm] és mélylazítással egybekötött tárcsázás [T+L:40-45cm]) közül a DV és SZ kezelésben végeztünk CO₂ emisszió méréseket. A méréseket 2009-ben a vegetációs időszakban végeztük, májustól augusztusig heti gyakorisággal, összesen 12 alkalommal statikus kamrás módszerrel. Az inkubációs idő 0,5 óra volt. A kamrán belüli CO₂-koncentráció változás linearitását, mely a telítetlen állapotot igazolja, kontrollmérésekkel ellenőriztük.

Eredmények és következtetések

A 2009-ben mért emisszió értékek alakulását az *1. ábra* mutatja. A talaj CO₂ emissziója a 12 mérési naphól 2-ön a direktvetéssel művelt parcellán volt magasabb, bár a különbség rendkívül alacsony volt 4 mérési napon. A különböző módon művelt parcellák CO₂ emissziója között 3 mérési napon nagy, de statisztikailag nem szignifikáns különbséget tapasztaltunk. Az áprilisi első mérési nap után a CO₂ emisszió radikálisan lecsökkent, amit az alacsony csapadék és az év legmagasabb hőmérséklet anomáliájával magyarázhatunk (*2. ábra*). Az első két mérési nap között eltelt 20 napos periódusban összesen 0.2 mm csapadék hullott. Az áprilisi száraz periódus után több, mint 150 mm csapadék esett, melynek eredményeként a mérési periódus legmagasabb emisszió értékét mértük július elején. A száraz és meleg júliusi periódus után az emisszió értékek folyamatosan csökkentek, de az intenzív augusztusi esőzések miatt az év harmadik legmagasabb értékét a hónap végén mértük.



1. ábra. A talaj CO₂ kibocsátása a 2009-es év vegetációs periódusában a 2 vizsgált kezelésben



2. ábra. A 2009-es havi átlag csapadék (balra) és havi összcsapadék (jobbra) adatok, illetve a CRU adatbázisból származó havi klimatikus adatok az 1961 és 1990 közötti időszakra

Összefoglalás

Előzetes eredményeink azt mutatták, hogy a talaj CO₂ kibocsátása magasabb a direktvetéssel művelt parcellán a szántott parcella talajának CO₂ kibocsátásához képest. Ezeket az eredményeket laboratóriumi kísérletekkel támasztottuk alá (az eredmények itt nem kerülnek bemutatásra, *Tóth és mtsai. 2010*). A talaj CO₂ kibocsátását alapvetően befolyásoló talajtulajdonságok, mint a talaj nedvességtartalma és szerves anyag tartalma a direktvetéssel művelt parcellában mutatott magasabb értékeket csakúgy, mint a mikrobiális aktivitással szorosan összefüggő szubsztrát indukált respiráció és mikrobiális biomassa széntartalom (*Tóth 2011*). Az eredmények alapján a talajművelésnek a talajrespirációra és a talaj szénkészleteire gyakorolt hatásának értékelése céljából szélesebb körű vizsgálatokat kezdtünk 2012-ben.

Köszönetnyilvánítás

Tóth Eszter publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Gelybó Györgyi publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében

zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A kutatócsoport többi tagját/eszközbeszerzést/infrastruktúráját az OTKA K-101065 és K-104816 projekt támogatta.

Irodalom

- Birkás M. (2006): A művelés célja – Hagyományok, új törekvések. 45–66. p. In: Birkás M. (Szerk.) **Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés**. Budapest: Akaprint 367. p. ISBN 963 06 0259 8
- Birkás M., Gyuricza Cs. (2004): A talajhasználat és a klimatikus hatások kapcsolata. 10–46. p. In: Birkás M & Gyuricza Cs. (Szerk.): **Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség**. Budapest: Quality-Press Nyomda & Kiadó 177. p. ISBN 963 217 523 9
- Birkás M., Jolánkai M. (2008): Növénytermesztés és a klímaváltozás összefüggései. 131-151. p. In: Harnos Zs., Csete L. (Szerk.) **Klímaváltozás: környezet – kockázat – társadalom**. Budapest: Szaktudás Kiadó 379. p. ISBN 978-963-9736-87-0
- Cole C. V., Cerri C., Minami K., Mosier A., Rosenberg N., Sauerbeck D., Dumanski J., Duxbury J., Freney J., Gupta R., Heinemeyer O., Kolchugina T., Lee J., Paustian K., Powison D., Sampson N., Tiessen H., van Noordwijk M., Zhao Q. (1996): Chapter 23. Agricultural Options for Mitigation of Greenhouse Gas Emission. 745–771. p. In: Watson RT, Zinyowera M, Moss RH. (Szerk.) **Climate Change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change, Scientific-Technical Analyses. IPCC Working Group II**. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 878. p.
- Cole C. V., Duxbury J., Freney J., Heinemeyer O., Minami K., Mosier A., Paustian K. M., Resenberg N., Sampson N., Sauerbeck D., Zhao Q. (1997): Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. **Nutr. Cycl. Agroecosys.**, 49 221–228. p.
- Foody G. M., Palubinskas G., Lucas R. M., Curran P. J., Honzak M. (1996): Identifying terrestrial carbon sinks: Classification of successional stages in regenerating tropical forest from Landsat TM data. **Remote Sens. Environ.**, 55 (3) 205–216. p.
- Freibauer A., Rounsevell M., Smith P., Verhogen A. (2004): Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. **Geoderma**, 122 1–23. p.
- Houghton R. A., Skole D. L. (1990): Carbon. 393–408. p. In: Turner B. L., Clark W. C., Kates R. W., Richards J. F., Matthews J. T., Meyer W. B. (Szerk.): **The Earth as Transformed by Human Action**. New York: Cambridge University Press, 732. p.
- IPCC, (2000): Land use, land-use change, and forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change: a special report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press. 1033. p.
- Kersebaum K. C., Nendel C., Mischel W., Manderscheid R., Weigel H. J., Wenkel K. O. (2009): Testing different CO₂ response algorithms against a face crop rotation experiment and application for climate change impact assessment at different sites in Germany. **Időjárás** 113 79–88. p.
- Smith W., Grant B., Desjardins R. (2009): Some perspective on agricultural GHG mitigation and adaptation strategies with respect to the impact of climate change/variability in vulnerable areas. **Időjárás**, 113 103–115. p.
- Tóth E., Barcza Z., Birkás M., Gelybó Gy., Zsembeli J., Bottlik L., Davis KJ., Haszpra L., Kern A., Kljun N., Koós S., Kovács Gy., Stingli A., Farkas Cs. (2010): Arable Lands. 65–90. p. In: Haszpra L. (Szerk.): **Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective**. Dordrecht – Heidelberg – London – New York: Springer, 406. p.
- Tóth E. 2011. Talaj szén-dioxid emissziójának mérése eltérő talajhasználati rendszerekben. Doktori disszertáció. p. 129
- Wilson A. T. (1978): Pioneer agriculture explosion and CO₂ levels in the atmosphere. **Nature**, 273 40–41. p.

TALAJTÉRKEPI INFORMÁCIÓKON ALAPULÓ TALAJFIZIKAI BECSLŐMÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A NÖVÉNYTERMESZTÉSBEN ÉS A KÖRNYEZETVÉDELEMBEN

MAKÓ ANDRÁS, TÓTH BRIGITTA, KOCSIS MIHÁLY, HERNÁDI HILDA

*MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
mako.andras@agrar.mta.hu*

A talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak ismerete a mezőgazdaság kezdetei óta a művelés tervezésének egyik központi eleme volt. A talajművelési eljárások, a vetés vagy az öntözés időzítése és módja, a kiadott trágya mennyisége és minősége mind a talaj vízellátottsági állapotának és annak várható változásának függvénye. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak egyik legfontosabb eleme a víztartó képesség, melynek mérése meglehetősen időigényes és költséges, ezért mérés helyett gyakran becsüljük azt. A földterületek víztartó képességének jellemzése - a talajfoltok mért, vagy becsült mutatóinak térbeli kiterjesztése - speciális térképekkel, kartogramokkal történhet. Közvetlen mérés alapján az említett okok miatt ritkán készülnek víztartó képesség térképek. A különböző léptékű általános talajtérképek is tartalmaznak azonban olyan adatokat, amik megfelelő alapot nyújthatnak a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak jellemzésére. Kutatásaink során részben azt vizsgáltuk, hogy kizárólag a talajtérképeken feltüntetett talajjellemzők felhasználásával miként lehet becsülni a talajok víztartó képességét. A vizsgálatokat a Magyarországi Részletes Talajfizikai Adatbázis (MARTHA) tette lehetővé, mely nagyszámú mért vízgazdálkodási adatot, valamint általános talajfizikai, kémiai és taxonómiai adatokat egyaránt tartalmaz és a hazai talajtakaró változatosságát jól reprezentálja.

A különféle talajszennyezések, így a nem vizes fázisú folyadékok (NAPL) porózus természetes közegekben való terjedésének, mozgásának környezetvédelmi célú vizsgálata mindinkább önálló kutatási területté vált. A szennyezőanyagok talajfelszín alatti áramlását leíró modellek többsége igényli a mért vagy becsült NAPL visszatartó képesség ismeretét. A különböző mérési módszerek időigényessége – és sok esetben költségessége – miatt a kutatók és modellfejlesztők egyre inkább törekszenek kellő pontosságú és egyszerű becslő eljárások kidolgozására. A szervesfolyadék-visszatartó képességet leíró becslési eljárások képezhetők a talajtérképi adatbázisok kategória változóival is, így lehetőség nyílik a már rendelkezésre álló talajtérképi adatbázisok adatainak felhasználásával különböző léptékű ún. szennyezés-érzékenységi térképek elkészítésére is.

Vizsgálataink alapján elmondható, hogy a klasszifikációs fák módszerével kidolgozott pedotranszfer szabályok alkalmasak a hazai talajok (így pl. a jelen közleményünkben bemutatott szikes talajok) víztartó képesség értékeinek becslésére – a nemzetközi szakirodalomban elfogadott hibaértékeken belüli pontossággal és megbízhatósággal – a különböző léptékű talajtérképek kategória információi alapján. Elővizsgálataink alapján hasonlóan jó alkalmazhatóságot várunk a talajok folyékony szerves szennyeződés visszatartó képességének becslése esetében is. A kidolgozott modellek közvetlenül alkalmazhatók a mezőgazdasági és környezetvédelmi tervezésben, a talajok és vízkészletek jobb hasznosítása érdekében.

Bevezetés

Részletes talaj-vízgazdálkodási térképek országos lefedettségben sem hazánkban, sem a környező országokban nem készültek. Rendelkezésre állnak azonban olyan átnézetes talajtérképek, melyek egyszerűen és gyorsan mérhető tulajdonságokról nyújtanak információt. Az átnézetes/kistérségi alkalmazáshoz megfelelő (Tóth és Máté 2006), 1:25.000-es névleges méretarányú Géczy-féle és Kreybig-féle talajtérképek (Sisák és Bámer 2008, Szabó és mtsai. 2000, Pásztor és mtsai. 2006), valamint a regionális elemzésekhez alkalmas 1:100.000 méretarányú agrotopográfiai térképek (Várallyay 1985) az ország egészét lefedik. A táblaszintű talajinformációkat tartalmazó, nagyméretarányú (1:10.000 léptékű) genetikus

talajtérképek (*MÉM 1989*) az ország mezőgazdasági területeinek mintegy 60%-ára állnak rendelkezésre. Ezen talajtérképek adataival a talaj vízgazdálkodási tulajdonságok a térképezett területekre a térképek léptékének és megbízhatóságának megfelelően becsülhetők.

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai közül a talajok víztartó képessége az egyik legfontosabb, aminek számszerűsített értéke a mezőgazdasági és környezeti modellek egyik legfontosabb bemeneti paramétere. Vízyűjtő-, regionális-, vagy országos léptékű vízgazdálkodási térképek készítéséhez a talajtulajdonságokról rendelkezésre álló információk tematikai és térbeli részletesség tekintetében is korlátozottak. Így nagyobb területekre nem alkalmazhatók a részletes talajadatokat (mechanikai összetételt, térfogattömeget, humuszt, stb.) igénylő, víztartó képességet becsülő pedotranszfer függvények. Nagyobb területek (vízyűjtők, régiók) áttekintő vízgazdálkodási térképének elkészítéséhez lehetőségként adódik, hogy a kevésbé pontos, de nagyobb mennyiségben rendelkezésre álló talajtérképi adatokból becsüljük a talaj víztartó képességét. Amikor a talajtérképi foltokat jellemző kategóriaváltozók alapján becsüljük az egyes kategóriák víztartóképesség értékeit, vagy víztartóképesség-függvény paramétereit, pedotranszfer szabály típusú becsülő módszereket alkalmazunk (*Tóth 2010*). A víztartó képesség becsüléséhez legáltalánosabban használt térképi kategória változó a talajok fizikai félesége, melynek kategóriáit a mechanikai összetétel adatokból országonként más-más módon állapítják meg. Hazai vonatkozásban elsőként nagy területek hidrológiai modellezéséhez talajtérképi információ alapján alapuló víztartó képesség becsülő módszer alkalmazását *Bakacsi és mtsai. (2010, 2012)* mutatták be. Eddigi tapasztalataink alapján (*Tóth és mtsai. 2012*) a fizikai féleségen kívül be lehet vonni egyéb talajtulajdonság-kategóriákat is a becslésekbe, pontosítva az eddigi becsülő eljárásokat.

A talajok szervesfolyadék-visszatartó képességének pedotranszfer függvényekkel történő becslési lehetőségeit az 1990-es évektől vizsgáljuk. A talaj víztartó képességének a becslésére kidolgozott pedotranszfer függvények jelentették ezekhez a kiinduló pontot. Tapasztalataink szerint a talajok olajvisszatartó képessége nagyobb pontossággal becsülhető a talaj mechanikai összetételének (százalékos agyag-, por- és homoktartalom), humusztartalmának, mésztartalmának és térfogattömegének (*Makó 2002, Hernádi és Makó 2011*) felhasználásával képzett összefüggésekkel, mint a szakirodalomból ismert egyéb eljárásokkal.

Anyagok és módszerek

Pedotranszfer szabályokat képeztünk a MARTHA ver2.0 adatbázis (*Makó és mtsai. 2010*) felhasználásával a hazai szikes talajokra. A becslési módszer kidolgozásához a véletlenszerűen felosztott adatállományból képzett ún. „becslő adatbázist” (N=574) használtuk, míg a megbízhatóság vizsgálatát az ún. „teszt adatbázison” (N=70) végeztük el. Becslő módszert dolgoztunk ki a talajok szántóföldi vízkapacitására (VKsz, pF2,5), a holtvíztartalomra (HV, pF4,2) és a hasznosítható víztartalomra (DV=VKsz-HV).

Mivel a különböző léptékű hazai talajtérképek információtartalma alapján kívántunk víztartó képesség térképeket készíteni, a kidolgozandó pedotranszfer szabályok bemenő paramétereit is ezek információtartalmához igazítottuk. Vizsgálatainkba az 1:100.000 méretarányú AGROTOPO és MÉM-NAK (megyei szintű) térképeket és 1:10.000 léptékű üzemi talajtérképeket vontunk be. A pedotranszfer szabályok input paramétereit az alábbiak voltak: AGROTOPO (talajtípus, fizikai talajféleség, mésztartalom és pH); MÉM-NAK térkép (talaj altípus); üzemi talajtérképek (talajtípus, talaj altípus, fizikai talajféleség, mésztartalom, pH, vízdoldható összes sótartalom). A fenti talajtérképek becslésekbe vont talajinformációi mind a térképekről leolvasható kategória változók. A pedotranszfer szabályok kidolgozásához a regressziós fák módszerét alkalmaztuk. A regressziós fákat az R statisztikai programmal (R Statistics 3.0.0, mvpart package) (*De'ath 2002, Therneau és mtsai. 2013*) hoztuk létre. A különböző térképekhez kidolgozott víztartó képesség becsülő szabályok összehasonlítását azok pontossági és megbízhatósági értékei alapján végeztük el (RMSE: átlagos négyzetes hiba gyöke; ME: átlagos hiba; RME: átlagos relatív hiba) (*Tóth 2011*).

A talajok olajvisszatartó képességének becslését egy – saját mérések eredményeire támaszkodó – ún. „olajvisszatartási adatbázis” adatai alapján végeztük. A minták olajvisszatartó képességét porózus kerámialapos extraktorok (Soilmoisture Equipment Corporation LAB 23) általunk továbbfejlesztett változatával (*Makó 1995*) (0.0 mbar; 20 mbar; 50 mbar; 150 mbar; 400 mbar és 1 bar) határoztuk meg. A becslési módszereinket az SPSS 13.0 statisztikai programcsomaggal (lineáris regresszió, backward elimináció) fejlesztettük ki.

Eredmények és következtetések

A különféle léptékű és eredetű hazai talajtérképek információ tartalmára támaszkodó pedotranszfer szabályok pontossági és megbízhatósági vizsgálatainak eredményét az *I. táblázatban* mutatjuk be. Megállapítható, hogy talajok szántóföldi vízkapacitásának (VKsz), holtvíz tartalmának (HV) és hasznosítható (diszponibilis) víztartalmának becslése lehetséges a talajtérképek kategória információi alapján a nemzetközi szakirodalomban elfogadott hibaértékeken belüli pontossággal és megbízhatósággal (a négyzetes eltérés gyökét (RMSE) tekintve). Az alkalmazott klasszifikációs (regressziós fa) eljárás jól alkalmazható módszernek bizonyult a térképeken ábrázolt szikes talajtulajdonságok és a víztartó képesség komplex kapcsolatának feltárására és leírására.

A kifejlesztett pedotranszfer szabályok felhasználhatóak a különböző részletességű hazai talajtérképek információ tartalma alapján történő – akár térinformatikai szoftverekbe építhető – becslési eljárásokban, a talajok víztartó képességének térbeli megjelenítése során. (Terjedelmi okokból a közlemény nem tartalmazhatja az így elkészített kartogramokat.) A fenti módszer szerint megszerkeszthető vízgazdálkodási térképek alapját képezhetik a jövőben pl. a különféle klímaérzékenységi talajtérképek elkészítésének is.

I. táblázat. A származtatott pedotranszfer szabályok pontossága és megbízhatósága (MARTHA ver.2.0; becslő és teszt adatbázisok alapján)

Pedotranszfer szabályok	RMSE (tf%)		ME (tf%)		MAE (tf%)	
	becslő (N=574)	teszt (N=70)	becslő (N=574)	teszt (N=70)	becslő (N=574)	teszt (N=70)
HV altípus	6,222	6,625	0,000	0,096	4,859	4,877
HV típus fiz.fél mész pH	4,968	5,136	0,000	1,318	3,978	4,162
HV típus fiz.fél mész pH összeso	4,968	5,136	0,000	1,318	3,978	4,162
VKsz altípus	6,854	6,448	0,000	0,827	5,248	4,875
VKsz típus fiz.fél mész pH	5,854	5,510	0,000	2,180	4,428	4,379
VKsz típus altípus fiz.fél mész pH összeso	5,749	5,482	0,000	2,130	4,291	4,330
DV altípus	5,071	5,186	0,000	0,731	3,994	3,857
DV típus fiz.fél mész pH	5,308	5,221	0,000	0,861	4,123	3,955
DV típus altípus fiz.fél mész pH összeso	5,390	5,360	0,000	0,812	4,200	4,130

A talajok szerves folyadék-visszatartó képességének vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy a környezetvédelmi kutatásokban általánosan alkalmazott Leverett egyenlet nem ad megfelelő pontosságú becslést a talajok olajvisszatartó képességére (*Makó 2002, Hernádi és mtsai. 2012*). A Leverett-egyenlettel végzett becslés olajvisszatartás értékei jóval alacsonyabbak, mint a pedotranszfer függvények alkalmazásával számítottak. Az eltérés közvetlen oka az duzzadási-zsugorodási sajátságok változása és az aggregáltság különböző mértékű megváltozása, amikor különböző folyadékokkal való telítődés történik. A hagyományos becslés hibája az általunk kidolgozott pedotranszfer függvényekkel történő becsléshez képest annak háromszorosa is lehet (*Makó 2005*). Az eddigi tapasztalatok alapján szükségesek lennének további vizsgálatok újabb, az eddigi mérések eredményeit kiegészítő mintaanyagon, hogy így a hazai főbb talajféleségeket kellőképpen reprezentáló adatbázist képezhessünk. A kategória változókra képzett pedotranszfer szabályok segítségével a – már

rendelkezésre álló talajtérképi adatbázisok adatainak felhasználásával – ún. szennyezés érzékenységi térképek is elkészíthetők lennének.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásunk az EU FP7/2007- 2013 (Nr. 263188) MyWater és a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekt keretében készült. A TÁMOP projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- Bakacsi, Zs., Kuti, L., Pásztor, L., Vatai, J., Szabó, J., Müller, T. (2010) Method for the compilation of a stratified and harmonized soil physical database using legacy and up-to-date data sources. *Agrokémia és Talajtan*. 59: 39-46.
- Bakacsi, Zs., Pásztor, L., Szabó, J., Kuti, L., Laborczi, A. (2012) 3D textúra adatbázis létrehozása indikátor-krigeléssel, talajtani és agrogeológiai adatbázisok segítségével. *Agrárinformatika*. 3: 46-51.
- De'ath, G. (2002) Multivariate regression trees: a new technique for modeling species--environment relationships. *Ecology*. 83: 1105-1117.
- Hernádi, H., Makó, A. (2011) A talaj olajvisszatartó-képességének becslése különböző módszerekkel. *Talajvédelem*. Különszám. 363-371.
- Hernádi, H., Makó, A., Tóth, B. (2012) A talajok olajvisszatartó képességének becslési lehetőségei. In: Makó A., Hernádi H. (szerk.): Kőolajszármazékok a talajban: talajfizikai kutatások. 2. kiadás. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely. ISBN 978-615-5044-62-5. 166-224.
- Makó, A. (1995) A talaj szilárd fázisa és a szerves folyadékok kölcsönhatásai. Kandidátusi értekezés. Keszthely.
- Makó, A. (2002) Measuring and estimating the pressure-saturation curves on undisturbed soil samples using water and NAPL. *Agrokémia és Talajtan*. 51: 27–36.
- Makó, A. (2005) Measuring the two-phase capillary pressure-saturation curves of soil samples saturated with nonpolar liquids. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36: 439–453.
- Makó, A., Tóth, B., Hernádi, H., Farkas, Cs., Marth, P. (2010) Introduction of the Hungarian Detailed Soil Hydrophysical Database (MARTHA) and its use to test external pedotransfer functions. *Agrokémia és Talajtan*. 59: 29-39.
- MÉM (1989) Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium Földügyi és Térképészeti Hivatal Növényegészségügyi és Talajvédelmi Főosztály. Agroinform. Budapest. p. 147.
- Pásztor, L., Szabó, J., Bakacsi, Zs. (2006) Válasz Tóth Gergely és Máté Ferenc megjegyzéseire „Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetősége és lépései” közleményünk kapcsán. *Agrokémia és Talajtan*. 55: 479-486.
- Sisák, I., Bámer, B. (2008) A Géczy Gábor vezetésével készült talajismereti és talajhasználati térképek digitális adatbázisa a Balaton vízgyűjtőjén. In: Simon L. (szerk.) *Talajvédelem*. Különszám. Talajtani vándorgyűlés, Nyíregyháza. 2008. május 28-29. 645-652.
- Szabó, J., Pásztor, L., Bakacsi, Zs., Zágoni, B., Csökli, G. (2000) Kreybig Digitális Talajinformatikai Rendszer (Előzmények, térinformatikai megalapozás). *Agrokémia és Talajtan*. 49: 265-276.
- Therneau, T., Atkinson, B., Ripley, B. (2013) rpart: Recursive Partitioning. R package version. 4.1-1, URL <http://CRAN.R-project.org/package=rpart>
- Tóth B. (2010) Talajok víztartó képességét becsülő módszerek. *Agrokémia és Talajtan*. 59: 379-398.
- Tóth B. (2011) Jellegzetes hazai talajok víztartó képességének számítása és jellemzése talajtérképi információk alapján. PhD dolgozat. Keszthely.
- Tóth, B., Makó, A., Guadagnini, A., Tóth, G. (2012) Water retention of salt affected soils: quantitative estimation using soil survey information. *Arid Land Research and Management*. 26: 103-121.
- Tóth, G., Máté, F. (2006) Megjegyzések egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítéséhez. *Agrokémia és Talajtan*. 55: 473-478.
- Várallyay, Gy. (1985) Magyarország 1:100000-es méretarányú agrotopográfiai térképe. *Agrokémia és Talajtan*. 34: 243-248.

CÉLORIENTÁLT DIGITÁLIS TALAJTÉRKÉPEZÉS

PÁSZTOR LÁSZLÓ, BAKACSI ZSÓFIA, SZABÓ JÓZSEF, LABORCZI ANNAMÁRIA

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Környezetinformatikai Osztály
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
pasztor.laszlo@agrar.mta.hu

A talajtérkép a talajtakaró célspecifikus térbeli modellje, melynek megalkotása a talajképző folyamatok szem előtt tartásával történik. A talajtérképezésben hatalmas változást hozott az egyes talajképző tényezők szerepének numerikus formalizálása. A digitális talajtérképezés térinformatikai környezetben integrálja a talajtani és környezeti adatokat, a klasszikus talajtani tudást és a modern adatbányászati, geostatisztikai módszereket. További lehetőség a cél-specifikusan, feladat-orientáltan elvégzett elemzések eredményeként a felhasználói igényeket célzottan és optimálisan kielégítő talajtérképek megalkotása, amiben jelentős szerep hárul a magyarországi archív, de digitálisan már feldolgozott talajtani adatokra.

Bevezetés

A talajok állapotára, folyamataira, funkcióira vonatkozó információk iránti igények mind hazai, mind nemzetközi szinten számottevőek és folyamatosan bővülnek (Tóth és mtsai. 2008). A korábban gyűjtött, térképezések, felvételezések által szolgáltatott információk hosszú időn keresztül jól szolgálták a felmerült társadalmi igényeket, alapvetően annak köszönhetően, hogy döntően ez utóbbiak határozták meg gyűjtésük célját. A talaj multifunkcionalitásának széleskörű felismerése (Blum 2005) azonban éppen az adatgyűjtésre fordítható erőforrások beszűkülésével egyidőben következett be. Ennek köszönhetően az aktuálisan rendelkezésre álló, illetve a felhasználók által specifikusan megkívánt információk nem feltétlenül, sőt egyre ritkábban fedik egymást. A korábbi kiterjedt adatgyűjtés, felvételezés, térképezés célja, az annak alapján elvégzett munka, illetve az ezek eredményeképpen született adatok direkt módon nem feltétlenül alkalmazhatók egy adott, talajtani információkat igénylő problémakör kapcsán (Montanarella 2010). Emiatt számos esetben a döntéshozók jelenlegi igényeinek kielégítése sem történhet meg megfelelő hatékonysággal. Ezen probléma megoldása érdekében számos próbálkozás született a létező talajtani információk kiegészítésére, javítására, harmonizációjára és integrálására. Jelen munkában a térbeli jelleggel bíró, térképi alapú talajtani információszolgáltatás kérdéseire koncentrálnak.

A talajtérkép a talajtakaró célspecifikus térbeli modellje, melynek megalkotása a talajképző folyamatok szem előtt tartásával történik. Ezen definíció három központi tényezőjét érintően jelentős és lényegében egyidejű változások történtek, amelyek hatásának köszönhető a digitális talajtérképezés megerősödése, majd elterjedése az utóbbi évtizedben (Dobos és mtsai. 2006, Boettinger és mtsai. 2010, Illés és mtsai. 2011, Szatmári és Barta 2013).

- A talajképző folyamatok egyes szegmenseire közvetve vagy közvetlenül vonatkozó térinformatikai (térbeli és egyben digitális) információk egyre nagyobb mennyiségben, egyre nagyobb térbeli felbontásban és egyre olcsóbban váltak elérhetővé.

- Az így elérhető ún. környezeti segédinformációk és a talajok egyes jellemzői közti, néha igen bonyolult és áttételes kapcsolatok számszerűsítésére determinisztikus modellek híján is hatékony alkalmazható matematikai (geo-)statisztikai és adatbányászati eszközök jöttek létre. Eredendően ugyan teljesen eltérő szakterületek problémáinak kezelésére, de jelen kontextusban számos esetben mégis jól adoptálhatóaknak bizonyultak.

- A globalizációs folyamatokkal párhuzamosan nyilvánvaló vált, a világ talajtakarójának ismerete mily nagymértékben inhomogén. Ez egyrészt a Világ nagy részén csak igen korlátozott konkrét talajtani adatok alapján is viszonylag megbízható talajtérképek előállítását és ezzel ezen területek talajtérképi információkkal való legalább minimális lefedettségének elérését indukálta. Másrészt az egységesítés alapjainak kidolgozását, hiszen (legalábbis ahol volt ilyen) a korábbi térképezések nemzetállamok szintjén, független módszertanok alapján történtek, melynek eredményeképpen a természet földrajzilag folyamatosan változó talajtakaró leképezésében az országhatárok mentén mégis mesterséges törések mutatkoznak.

A digitális, térképi alapú talajtani adatigények kiszolgálásának lehetőségei

A talajokra vonatkozó adatok elérhetőségében nagy különbségek tapasztalhatók az egyes országok között. Magyarország azon országok közé tartozik, melyek jelentős hagyományokkal bírnak a talajtérképezések terén (*Várallyay 2009*). Hatalmas mennyiségű talajtani információ érhető el, az adatgyűjtések különböző léptékekben történtek a gazdálkodástól az országos szintig. Az egymást követő térképezések felvételezési célja és módszere is különbözött, így az eltérő célok eltérő talajtani jellemzők hangsúlyozásához vezettek. Az 1980-as évektől kezdődően a térképi alapú talajtani információk jelentős része került digitális feldolgozásra és épült be különböző térbeli talajinformációs rendszerekbe (TTIR). A két leginkább ismert és széles körben használt TTIR az AGROTOPO és a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR) az MTA ATK TAKI fejlesztésének eredménye (*Pásztor és mtsai. 2013a*). Minden előnyük ellenére is azonban ezen adatbázisok eredeti adatrendszerük nem a mai igények kielégítésére jött létre és semmi esetre sem tekinthetők omnipotensnek.

A hazai digitális, térképi alapú talajtani adatigények aktuális kiszolgálására számos lehetőség adódik. Az ideális megoldás, legalábbis a felhasználó szempontjából, minden felmerülő probléma esetén egyedi, specifikus, térben és tematikusan is nagy részletességű adatgyűjtés lenne. Ez az sajnos, amire talán soha nem lesz lehetőség. Marad a korlátozott adatgyűjtés, avagy szélsőséges esetben annak teljes hiánya, de ilyenkor sem „tabula rasa”-val indulunk. Számos, korábbi adatok alapján fejlesztett, digitális talajinformációs rendszer áll Magyarországon is készen a talajtani adatigények legalább részleges kielégítésére.

A talajfolt alapú vektoros adatbázisok sokrétű felhasználhatóságuk ellenére is statikusnak tekintendők. A georeferált talajszelvényeken alapuló adatbázisok a többszemponitű felhasználhatóságuknak köszönhetően messze nagyobb potenciált biztosítanak. Az Agrotopográfiai térképek egy szintetizáló munka eredményeként születtek meg. A DKTIR esetén, a térképmű alapján készült talajfolt adatbázis a felvételezés egyszeri, adott szempontrendszer szerint szerkesztett terméke. Másrészt a Kreybig térképezés összes felvételezési információja digitális formában rendelkezésre áll, amely viszont számos újabb, a feldolgozottságának köszönhetően digitális térképezési feladatban is felhasználható.

Archív és aktuális talajtani, valamint kiegészítő környezeti adatok, illetve térinformatikai és alkalmazott matematikai módszerek feladat specifikus integrációja megteremti a célspecifikus digitális talajtérképezés alapjait. A digitális talajtérképezés nemzetközi tapasztalatai egyrészt alátámasztják azt a feltevést, mely szerint kvantitatív (klasszikus matematikai statisztikai, geostatistikai, adatbányászati és térinformatikai elemeket ötvöző) módszerekkel feltárhatók és a digitális talajtérképezés számára formalizálhatók:

- a különböző talajtani felvételezések, térképezések során gyűjtött adatok belső,
- az ezekből a szakértői tudás alapján szerkesztett térképek térbeli és
- ezeknek, a talajok keletkezésében és folyamataiban részt vevő egyéb környezeti elemekkel való külső összefüggései.

Ugyanezen tapasztalatok másrészt nyilvánvalóvá teszik, hogy nincsenek univerzálisan használható módszerek, továbbá azt is, hogy az eredmények pontossága és megbízhatósága nagyban függ a felhasznált talajinformációs nyersanyag mennyiségétől és minőségétől. Ez utóbbiban hazánkban kitüntetett szerepe van a rendelkezésre álló jelentős mennyiségű, talajokra vonatkozó információ révén.

Fontos momentuma a céltérképek előállításának, hogy modellezése, levezetése, szerkesztése során a tematikus és térbeli pontosságot meghatározó tényezők milyen hatással vannak egymásra és az eredményre. A módszer elemeinek milyen jellegű harmonizációját és finomhangolását kell elvégezni az optimális eredmény elérése érdekében. A céltérkép megvalósulásában ugyanolyan meghatározó szerepe van a bemenő (adat) oldali lehetőségeknek, mint a kimenő (cél) oldali elvárásoknak.

Esettanulmány: A talajok felső rétegének szervesanyag-tartalma Zala megyében

Számos területet és problémakört lehetne említeni, ahol a feltalaj szervesanyag-tartalom térbeli eloszlásának lehetőleg nagy térbeli felbontású és numerikus ismerete jelentőséggel bír: növénytermesztés, földértékelés, talaj-, erózióvédelem, szennyezésekkel szembeni puffer képesség, karbon mérleg, etc. Ha a felhasználó példaképpen Zala megye teljes területének talajtakarójára szeretne annak szervesanyag-tartalmára vonatkozóan adatokhoz jutni, a következő lehetőségek közül választhat.

- Az AGROTOPO adatbázis megyei kivágata. Ebből talajfoltokra vonatkoztatva kaphat becslést t/ha egységben kifejezett kategóriák formájában.

- A nagyméretarányú genetikai és földértékelési térképezés kartogramjai alapján. A megye területére valamikor is elkészült térképek részlegesen átestek térinformatikai feldolgozáson, de ezek nem elérhetők egy központi rendszerből. A térképezés egyébiránt is csak a mezőgazdasági területek bizonyos hányadára készült el, így eredendően nem képes teljes térbeli fedettséget biztosítani.

- A Talajinformációs és Monitoring Rendszer (TIM) ugyan friss és nagy megbízhatóságú adatokkal rendelkezik a talajok szervesanyag-tartalmára vonatkozóan, viszont a megye területére csupán 59 szelvény esik.

- Mivel a Kreybig térképezés nem vállalkozott a szervesanyag-tartalomra vonatkozó adatok térbeli kiterjesztésére, a DKTIR foltjaira nem, csupán a szelvényekre áll rendelkezésre ilyen jellegű információ.

- Végül, de nem utolsó sorban a talajszelvény típusú adatokra alapozva digitális talajtérképezést végezhetünk. A DKTIR pontokból kiindulva számosságuk és kvalitatív jellegüknek köszönhetően akár nagy térbeli felbontást (20 méteres cella méret) is kitűzhetünk.

A térképeink előállításához regresszió krigelést használtunk. A regresszió krigelés lényege, hogy a térképezendő tulajdonságot első lépésben a környezeti változók többváltozós regressziójával becsüljük, majd a modell és az adatok közti reziduálok térbeli kiterjesztését végezzük el megfelelően választott krigelési eljárással. A teljes becslés pedig a regressziós modell és az interpolált eltérés összegeként adódik.

A talajképző folyamatokra utaló, azokat indikáló környezeti segédváltozók között a digitális domborzat modellből levezetett deriváltakat (magasság, lejtés, kitettség, görbület és annak komponensei, relief intenzitás, topográfiai pozíció változó környezettel paraméterezve, érdesség); több időpontból származó MODIS vegetációs index térképeket; meteorológiai paramétereket (átlagos évi csapadék és nyári átlag hőmérséklet), illetve földtani térképet használtunk fel. Mindezt kiegészítettük a Kreybig térképezés által lehatárolt, a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer által szolgáltatott talajfolt adatokkal.

A kartografált térkép tartalmazza a digitális talajtérképezési módszer lényegéből következően adódó (*Heuvelink 2006*), a térbeli becslés varianciáját bemutató melléktérképet

is. Annak ellenére, hogy minden térkép egy adott modell alapján végzett térbeli becslés eredménye, ami ebből következően hibával terhelt, ennek a hibának a mértékéről és térbeli eloszlásáról a hagyományos (talaj)térképek nem szoktak megemlékezni. A későbbiekben célspecifikus térképeink publikált verziójának szerves részévé szándékozunk tenni ezt az információt.

Térképezési munkáinkat a jelenleg futó DOSoReMI.hu (Digital, Optimized, Soil Related Maps and Information in Hungary; Digitális, Optimalizált Tágabb Értelemben Vett Talajtérképek és Információk Magyarországon) pályázat keretében bontakoztatjuk ki. Ennek keretében vizsgáljuk a digitális talajtérképezés egyes komponenseinek hatását a különböző eredmény térképek megbízhatóságára és pontosságára. A tapasztalatok alapján ajánlásokat tervezünk tenni a teljes térképezési folyamat optimalizálására. A zala megyei eredmények részletes ismertetése megjelenés alatt álló cikkünkben lesz olvasható (*Pásztor és mtsai. 2013b*).

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a K105167 sz. OTKA pályázat, illetve a Bolyai Kutatási Ösztöndíj Program támogatta.

Irodalom

- Blum WEH. (2005) Functions of Soil for Society and the Environment. *Rev. in Environ. Sci. and Biotech.*, 4: 75-79.
- Boettinger, J. L., Howell D. W., Moore A. C., Hartemink A. E., Kienast-Brown S. (eds.) (2010): *Dig. Soil Mapping: Bridging Res., Environ. App., and Operation*. Elsevier.
- Dobos E., Carré F., Hengl T., Reuter H I., Tóth G. (eds.) (2006) *Digital Soil Mapping as a Support to Production of Functional Maps*. EUR 22123 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.
- Heuvelink G. (2006) Accuracy Assessment. In: Dobos E, Carré F, Hengl T, Reuter H I, Tóth G (eds.) *Digital soil mapping: as a support to production of functional maps*, European Communities, 29-33.
- Illés G., Kovács G., Heil B. (2011) Comparing and evaluating digital soil mapping methods in a Hungarian forest reserve., *Can. J. of Soil Sci.*, Vol 91 (4), pp. 615-626.
- Montanarella L. (2010) Need for interpreted soil information for policy making. *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1 – 6 August 2010*. Brisbane, Australia. Published on DVD.
- Pásztor L, Szabó J, Bakacsi Zs, Laborczi A. (2013) Elaboration and applications of spatial soil information systems and digital soil mapping at Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences. *Geocarto International* 28 (1):13-27.
- Pásztor L, Szabó J, Bakacsi Zs, Laborczi A., Dobos E., Illés G., Szatmári G. (2013) Elaboration of novel, countrywide maps for the satisfaction of recent demands on spatial, soil related information in Hungary. In: Arrouays D. (ed.) *GlobalSoilMap*. CRC Press/Balkema (megjelenés alatt).
- Szatmári, G., Barta, K. (2013) Csernozjom talajok szervesanyag-tartalmának digitális térképezése erózióval veszélyeztetett mezőföldi területen. *Agrokémia és Talajtan*. 62(1):47-60.
- Tóth G, Montanarella L, Stolbovoy V, Máté F, Bódis K, Jones A, Panagos P, van Liedekerke M. (2008) *Soils of the European Union*. EUR 23439 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 85.
- Várallyay Gy. (2009) *Soil conditions in Hungary based on the data from the Soil Conservation Information and Monitoring System (SIMS)*. Juhász I (ed.) Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest.

HÁTTÉR-KONCENTRÁCIÓK ÉS A KÖNNYEN OLDHATÓ ELEMTARTALOM FIGYELEMBE VÉTELE A TALAJSZENNYEZETTSÉG MEGÍTÉLÉSÉBEN

RÉKÁSI MÁRK, KÁDÁR IMRE, FILEP TIBOR

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Agrokémiai és Növénytaplálási Osztály
1022 Budapest, Herman O. u. 15.
rekasi.mark@agrar.mta.hu

Munkánkban 193, a TIM adatbázisból származó talaj alapján az As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb és Zn elemekre állapítottunk meg Magyarországra vonatkozó háttér-értékeket. Az elemek három, különböző oldhatóságú frakcióját vizsgáltuk: „összes” (cc. $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ oldható), mobilizálható (ammónium-acetát + EDTA oldható) és mobil (1 M NH_4NO_3 oldható). A számított háttér-értékek, illetve a megfigyelt koncentrációk közötti különbség antropogén, vagy a talajképző folyamatok helyi sajátosságait hatását jelezte. A háttér-értékek és a hazai határértékek, valamint más országból származó határérték-javaslatok összehasonlítása azt mutatta, hogy a talajszennyezettségi határértékek megállapításánál annak a területnek a talajaira kell támaszkodni, amelyre a határértékek vonatkoznak.

Bevezetés

A talajszennyezetség objektív megítélése a társadalom részéről egyre fontosabb elvárásként jelentkezik. A fő cél egy olyan talajszennyezettségi határértékrendszer felállítása, ami az „összes” elemtartalom mellett figyelembe veszi a talajtulajdonságokat, vagy a különböző oldhatóságú elemfrakciók alapján definiálja a szennyezettséget (*Vermees 2007, Gupta és mtsai. 1996*).

A legtöbb országban – így Magyarországon is – a határértékek a talaj „összes” elemtartalmán alapulnak, ez azonban nem teszi lehetővé a talaj szennyezetségi objektív megítélését (*Acosta és mtsai. 2011*). A probléma megoldása lehet egy három különböző oldhatóságú elemfrakcióra épített releváns rendszer (*Gupta és mtsai. 1996*). A három javasolt frakció az „összes” (koncentrált sávos oldható) – a szennyezés potenciális kockázatának értékeléséhez, a mobilizálható (kelátképzővel oldható) – az anyagforgalmi szempontból aktív frakció és a mobil (nem puffertelt sóoldattal oldható) – ami a növények elemfelvételét szimulálhatja.

További alapvető probléma a talajszennyezetség kérdéskörével kapcsolatban a határértékek relativitása. A határértékek elvileg a szennyezetlen háttér-értékekhez viszonyítva kerülnek meghatározásra. A háttér-értékek függenek az adott terület tulajdonságaitól és magának a felmérésnek a léptékétől. Ezért ideális esetben a határ- és háttér-értékeket az adott helyszín függvényében kellene meghatározni (*Salminen és Tarvainen 1997, Fügedi és mtsai. 2006*). Ugyanakkor az általános (országos) határértékek is fontosak, mivel viszonyítási alapként szolgálhatnak a lokális problémák megítélésében.

Hawkes és Webb (1962) javaslata alapján a háttér-értéknek inkább tartománynak kell lennie, mint egyetlen értéknek. A tartomány felső határa a küszöb-érték (*Garrett 1991*). Az e fölötti értékek nem tekinthetők automatikusan antropogén szennyezésnek, de ezeket a talajokat monitorozni szükséges (*Micó 2007*). A küszöbértékek a szennyezetségi határértékek alatt helyezkednek el (*Gupta és mtsai. 1996*).

Magyarországon a szennyezetségi határérték egyetlen koncentrációértéket jelent minden potenciálisan toxikus elem esetében, amit a 6/2009 KVV-M-EÜ-M-FVM együttes rendelet rögzít. Ezek a határértékek alapvetően az EU tagországok határértékein alapulnak és nem tükrözik a hazai viszonyokat (*Kádár 2007, Bálint 2009*).

Munkánk célja az volt, hogy három elemfrakcióra megállapítsuk a Magyarországra jellemző háttér-értékeket és összevessük azokat a különböző szabályozásokban szereplő határértékekkel.

Anyagok és módszerek

A vizsgálathoz 193, a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszerből (TIM) származó mintát használtunk fel. A minták közül 159 információs, 34 pedig erdészeti mérőpontról származott. A talajok „összes” (cc. $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ oldható) és mobilizálható (ammónium-acetát + EDTA oldható – *Lakanen és Erviö (1971)*) elemtartalma a TIM adatbázisból származott. A mobil elemtartalom meghatározása a *DIN 19730* szabvány alapján történt 1 M NH_4NO_3 kivonószert alkalmazásával.

A háttér-koncentrációk meghatározásához *Dudka (1992)* módszerét alkalmaztuk. A log-normális eloszlású koncentráció-értékeket mutató elemeknél a háttér alsó határa (küszöbérték) a mértani átlag (GM)/mértani szórás² (GSD²) formulával, míg felső határát a $\text{GM} \times \text{GSD}^2$ képlettel határoztuk meg. Normál eloszlású változók esetén a számtani közép és szórás értékeket használtuk.

Eredmények és következtetések

Az 1, 2 és 3 táblázat mutatja be a vizsgált talajminták „összes”, mobilizálható és mobil háttér-koncentrációit. Az „összes” koncentráció esetében a számított háttér-érték a mért értéktartományon belül maradt. *Tume és mtsai. (2006)* szerint az ilyen magas megfigyelt értékek antropogén hatásra, vagy a talajképző folyamatok helyi jellemzőire utalhatnak. A Cd esetében a háttér felső határa egybeesett a jelenleg Magyarországon érvényes határértékekkel (*6/2009 KVVM-EÜM-FVM együttes rendelet*). Az As esetében a küszöbérték a határérték felett volt, de a Co, Cr, Cu, Ni és Zn elemeknél alatta maradt. Ezen eredmények alapján a Cd és As határértékei magasabbak is lehetnének a törvényi szabályozásban rögzítettéknél, de a szóban forgó két elem nagy mobilitása és fokozott toxicitása indokolja a szigorú határértékeket. Ugyanakkor ez az alacsony határérték a külföldi szabályozás hazai adaptálásának eredménye is lehet. Így eredményeink a jelenlegi határérték-rendszer felülvizsgálatát is indokolhatják. Ezt megerősíti az a tény is, hogy az As, Cd, Cu és Ni esetében a megfigyelt értéktartomány felső határa meghaladta a B határértéket.

1. táblázat. A vizsgált elemek „összes” (cc. $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ oldható) koncentrációja a talajmintákban (mg/kg) (*Rékási és Filep 2012* alapján)

Elem	GM	GSD	Értéktartomány	Háttér ^a	Határérték ^b
As	5,63	1,90	0,71 – 56,8	1,56 – 20,3	15
Cd	0,37	1,71	0,12 – 1,27	0,13 – 1,07	1
Co	8,70	1,74	0,88 – 29,9	2,42 – 17,0	30
Cr	19,1	1,88	1,99 – 60,3	4,36 – 42,4	75
Cu	15,1	1,98	1,90 – 128	3,82 – 59,3	75
Ni	24,0	1,71	2,70 – 65,5	7,58 – 47,0	40
Pb	16,2	2,13	2,70 – 93,7	3,55 – 73,5	100
Zn	47,6	1,62	9,8 – 169	17,6 – 94,1	200

^aA 95%-os konfidencia-intervallum határai ($\text{GM}/\text{GSD}^2 - \text{GM} \times \text{GSD}^2$), Al, Co, Cr, Ni, Sr, Zn esetében a háttér szélső értékei a mértani közép és szóráson alapulnak [*Dudka (1992)* módszere alapján]

^bSzennyezettségi határértékek (*6/2009 együttes rendelet*)

A mobilizálható frakcióban megfigyelhető koncentrációértékek az „összes” koncentráció és a talajtulajdonságok hatásának eredőjeként alakulnak ki. A megfigyelt

értéktartomány felső határa a mobilizálható Co és Ni esetében a küszöbérték alatt volt a vizsgált talajokban. A réz esetében a megfigyelt legmagasabb mért érték csaknem elérte az „összes” részre vonatkozó határértéket (75 mg/kg).

A Prueß (1997) által javasolt, kobaltra vonatkozó beavatkozási értéket mind a megfigyelt értéktartomány, mind a háttér felső értékhatára meghaladták. A Cr, Cu és Ni esetében viszont csak a megfigyelt értéktartomány felső határa haladta meg a javasolt beavatkozási határértéket. Ez egyaránt jelentheti a vizsgált talajok szennyezettségét, vagy a javasolt határértékek módosításának szükségességét. Továbbá ez a különbség is demonstrálja, hogy a határértékeket a lokális mért adatok alapján kell megállapítani minden elem esetében.

Az eredmények azt mutatták, hogy mindegyik frakcióban volt olyan elem, amely magasabb mért koncentrációkat mutatott, mint a számított háttér-érték felső határa. Ez ahhoz a feltételezéshez vezethet, hogy a minden vizsgált elem talajbani koncentrációja antropogén hatást tükröz. Másik magyarázat a helyi talajképződési folyamatokban kereshető. A rendelkezésre álló adatok alapján erre a kérdésre nem lehet választ adni.

2. táblázat. A vizsgált elemek mobilizálható (NH₄-acetát + EDTA oldható) koncentrációja a talajmintákban (mg/kg) (Rékási és Filep 2012 alapján)

Elem	GM	GSD	Értéktartomány	Háttér ^a
As	0,57	2,01	0,10 – 12,2	0,14 – 2,33
Cd	0,12	1,51	0,03 – 0,50	0,05 – 0,27
Co	0,56	7,89	0,01 – 6,72	0,01 – 34,9
Cr	0,17	1,78	0,02 – 0,68	0,06 – 0,55
Cu	4,07	2,28	0,18 – 73,5	0,78 – 21,1
Ni	2,48	2,39	0,13 – 13,8	0,43 – 14,2
Pb	4,33	1,71	0,44 – 18,0	1,48 – 12,7
Zn	2,54	1,90	0,54 – 21,8	0,70 – 9,22

^aA 95%-os konfidencia-intervallum határai (GM/GSD² - GM×GSD²), Sr esetében a háttér szélső értékei a mértani középben és szóráson alapulnak [Dudka (1992) módszere alapján]

3. táblázat. A vizsgált elemek mobil (1 M NH₄NO₃oldható) koncentrációja a talajmintákban (µg/kg)(Rékási és Filep 2012 alapján)

Elem	GM	GSD	Értéktartomány	Háttér ^a	Beavatkozási érték ^b
As	21,3	1,25	20 – 99,3	13,7 – 33,2	100
Cd	3,8	3,57	1 – 76,5	0,29 – 47,7	
Co	16,3	7,10	2 – 2897	0,32 – 822	500
Cr	5,60	1,50	5 – 149	2,49 – 12,6	100
Cu	34,6	2,49	10 – 2520	5,58 – 214	1000
Ni	51,2	4,17	10 – 2495	2,95 – 888	1000
Pb	27,2	2,13	13 – 946	6,00 – 123	3000
Zn	86,0	6,14	17 – 4729	2,28 – 3247	5000

^aA 95%-os konfidencia-intervallum határai (GM/GSD² - GM×GSD²), As, Sr esetében a háttér szélső értékei a mértani középben és szóráson alapulnak [Dudka (1992) módszere alapján]

^bBeavatkozási értékek a nyomelemek mobil koncentrációi esetében (Prueß 1997)

A törvénybe foglalt határértékek, a számított háttér-értékek, valamint a megfigyelt koncentrációk összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a talajszennyezettségi határértékeknek annak a területnek a jellemzőin kell alapulni, amelyre vonatkoznak. Egy adott területre, régióra, vagy országra vonatkozó határértékek máshol nem alkalmazhatók. Ezt

mutatják a munkánkban bemutatott „összes” elemtartalomra vonatkozó határértékek, illetve a mobil elemfrakcióra vonatkozó, javasolt beavatkozási értékek. A mért és számított értékek alapján a magyar szabályozás határértékei bizonyos esetekben megengedőbbek lehetnének.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a 68665 számú OTKA pályázat és a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

Irodalom

- 6/2009. (IV. 14.) (2009). KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti vízszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről. *Magyar Közlöny* 51: 14398–14414.
- Acosta, J. A., Faz, A., Martínez-Martínez, S., Arocena, J. M. (2011). Enrichment of metals in soils subjected to different land uses in a typical Mediterranean environment (Murcia City, southeast Spain). *App. Geochem.* 26: 405–414.
- Bálint M. (2009). Változások a B szennyezettségi határértékekben és a vizsgálati követelményekben. A Kármentesítés Aktuális Kérdései Konferencia. Budapest, 2009. 04. 22.
- Dudka, S. (1992). Factor analysis of total element concentrations in surface soils of Poland. *Sci. of the Total Environ.* 121: 39–52.
- Fügedi, U., Horváth, I., Ódor, L. (2006). Geokémiai háttér és a természetes eredetű környezeti terhelés Magyarország felszíni képződményeiben. In G. Szendrei (Ed.), Magyarország környezetgeokémiai állapota (pp. 11–22). Budapest: Innova Print Kft.
- Garrett, R. G. (1991). The management, analysis and display of exploration geochemical data. Exploration geochemistry workshop. Ottawa: Geological Survey of Canada; Open File 2390.
- Gupta, S. K., Vollmer, M. K., Krebs, R. (1996). The importance of mobile, mobilisable and pseudo total heavy metal fractions in soil for three-level risk assessment and risk management. *Sci. of the Total Environ.* 178: 11–20.
- Hawkes, H. E., Webb, J. S. (1962). Geochemistry in mineral exploration. New York: Harper.
- Kádár, I. (2007). A talajszennyezettség megítélése kutatói szemmel. *Agrokémia és Talajtan* 56: 391–408.
- Lakanen, E., Erviö, R. (1971). A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agraria Fennica* 123: 223–232.
- Micó, C., Peris, M., Recatalá, L., Sánchez, J. (2007). Baseline values for heavy metals in agricultural soils in an European Mediterranean region. *Sci. of the Total Environ.* 378: 13–17.
- Prueß, A. (1997). Action values mobile (NH₄NO₃-extractable) trace elements in soils based on the German national standard DIN 19730. In R. Prost (Ed.), Contaminated Soils, 3rd International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Paris (pp. 415–423) Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Rékási, M., Filep, T. 2012. Fractions and background concentrations of potentially toxic elements in Hungarian surface soils. *Environ. Monitoring and Assessment* 184: 7461–7471.
- Salminen, R., Tarvainen, T. (1997). The problem of defining geochemical baselines. *Exploration* 60: 91–98.
- Tume, P., Bech, J., Longan, L., Tume, L., Reverter, F., Sepulveda, B. (2006). Trace elements in natural surface soils in Sant Climent (Catalonia, Spain). *Ecological Engineering* 27: 145–152.
- Vermes, L. (2007). A földhasználat, a talajminőség és a talajszennyezés néhány összefüggése a környezetvédelmi szabályozás szemszögéből. *Agrokémia és Talajtan* 56: 379–390.

Poszterek

BÚZA-ÁRPA INTROGRESSZIÓS VONALAKKAL VÉGZETT SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI

ARANYI NIKOLETT RÉKA¹, LÁNGNÉ MOLNÁR MÁRTA¹, HOFFMANN BORBÁLA²

¹ MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.

² Pannon Egyetem Georgikon Kar
8360 Keszthely, Fesztetics u. 7.
aranyi.nikolett@gmail.com

Munkánk során búza (*Triticum aestivum* L. cv. Mv9kr1) × árpa (*Hordeum vulgare* L. cv. Igr1) diszómás addíciós vonalakon vizsgáltuk az árpa kromoszómák hatását a búza agronómiai szempontból fontos tulajdonságaira. Kísérleteinket szabadföldön a Pannon Egyetem Georgikon Karán, Keszthelyen, a 2010/11-es évben végeztük. A vízhiány indukálására nyitott végű esővédő fóliát állítottunk fel márc. 29.-én (EC: 30-31), amely 72 mm csapadékkülönbséget eredményezett a kontroll és a stresszkezelés között. Felvételeztük a virágzás és az érés idejét, valamint a termés elemek alakulását. Kimutattuk, hogy a morfológiai és a termést befolyásoló tulajdonságokban a vizsgált introgressziós vonalak szignifikánsan különböznek az Mv9kr búza szülőtől. A virágzás és az érés időpontjában a legkorábbi 7H és a legkésőbbi 4H vonal között 5 nap különbséget tapasztaltunk. A vízhiány hatására a virágzás időpontjában a kezelések között átlagosan két nap, míg az érés idejében öt nap különbséget találtunk. A kalász tömörség, a növényenkénti szemszám és a termés a 7H vonal esetében volt a legkisebb. Ugyanakkor a 7H vonalnál mértük az egyik legnagyobb ezerszemtömeget. A búza- árpa addíciók és a szülőpartner termése a stresszkezelésben átlagosan 18,5 %-kal csökkent. A vízhiány a 3H vonal termését csökkentette a legnagyobb mértékben (46%-kal), azonban így is meghaladta a többi vizsgált vonal termésmennyiségét, mert ez a vonal a kontroll kezelésben kiugróan magas termést adott. A nagy kalásztömörség és az erősebb produktív bokrosodás következtében a 3H addíció szemszáma és termése szignifikánsan nagyobb volt a Mv9 kr1 szülőhöz és a többi, kísérletünkben vizsgált búza-árpa származékhoz képest.

Bevezetés

A vízhiány jelentős terméscsökkenést okoz világszerte. A csapadékhiányos időszak súlyosságának mértéke függ annak időtartamától és mértékétől, valamint a növények fejlettségi fokától. Azonban afenológiai stádiumtól függetlenül minden esetben csökken az asszimiláló felület és a produktivitás, ezáltal a termés. A korai, virágzás előtt jelentkező vízhiány a kalászok számának és a kalászonkénti szemszámnak a csökkenését okozza (*Khan és Naqvi 2011*), míg a virágzást követően bekövetkező vízhiány hatására lerövidül a szemtelítődés ideje, csökken a szem mérete, így az ezerszemtömeg is (*Hoffmann és mtsai. 2006*). A gabonafélék a szemtelítődés időszakában a legérzékenyebbek a vízhiányra (*Barnabás és Fehér 2006*). Szárazság esetén a virágzás időpontja fontos tényező a szemtelítődés szempontjából is: a korán virágzó fajták kevesebb mobilizálható szervesanyagot halmoznak fel, de a szemtelítődésük általában biztosabb, mint a késői virágzású fajtáknak.

A talajban rendelkezésre álló vízkészletek hatékony felhasználása érdekében szükséges a fokozott vízhasznosító képességű, jobb szárazságtűrűségű fajták előállítása, melyek normál évjáratban magas produktivitásra, szárazság esetén kielégítő termésre képesek (*Cseuz és mtsai. 2005*). E tekintetben a búza rokonsági körébe tartozó termesztett és vad fajok széles genetikai variabilitással rendelkeznek. A kedvező tulajdonságok e fajokból keresztezéssel átvihetők, és beépíthetők a termesztett búzába (*Molnár és mtsai. 2007*). Az árpáról ismert a jó

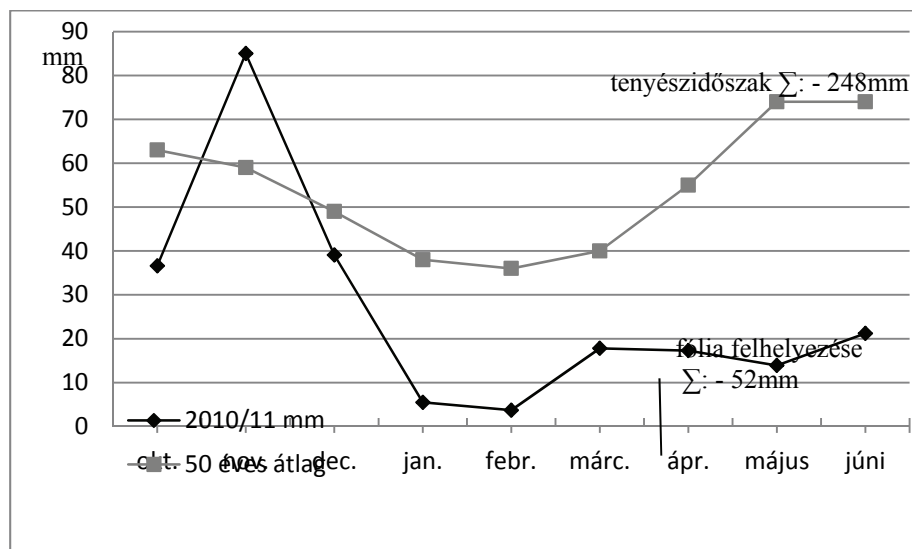
szárazság-és sótűrő képessége, ez pedig lehetőséget ad a stressz-tolerancia növelésére (*Aranyi és mtsai. 2012*). Jelen munkában a búza-árpa addíciós vonalakkal 2010/11-es évben végzett kísérletek eredményeit mutatjuk be.

Anyagok és módszerek

A Martonvásáron létrehozott *Triticum aestivum* és *Hordeum vulgare* hibridekből előállított diszómás addíciós vonalakat (2H, 3H, 4H, 7H, 6HS), valamint a szülőpartnereket (Mv9kr1 őszi búza, és Igr1 őszi árpa) vizsgáltuk. A szabadföldi kísérletet a P. E. Georgikon Kar kísérleti területén, Keszthelyen végeztük. Az egyes vonalak vetőmagját tág térállásba (sортáv: 25 cm, tőtáv: 2 cm), kézzel vetettük, 2010. október 23-án. A vizsgálat tenyészidőszakában a csapadék eloszlása rendkívül egyenlőtlen, és mennyiségében 248 mm-rel kevesebb volt az ötvenéves átlagnál (*1. ábra*). A téli és tavaszi csapadékhiány miatt május elején, valamint a virágzás folyamán a megtermékenyülés védelme érdekében 10-10 mm csapadéknak megfelelő mennyiségű vizet jutattunk a kontroll állományra. A vízhiány indukálására a szárbaszökés kezdetén a 10 m hosszú sorok 6 m hosszú szakasza fölé nyitott végű fóliát állítottunk. A fólia alatt fejlődő növények a nem takart növényekhez képest 72 mm-el kevesebb csapadékhoz jutottak.

A kísérletben vizsgáltuk az idegen fajú kromoszómáknak az őszi búza szárazságtűrését számszerűsítő agronómiai tulajdonságaira gyakorolt hatását (virágzás ideje és időtartama, érés ideje, növénymagasság, kalász hossz, kalásonkénti szemszám, ezermagtömeg, szemtermés).

A diszómás addíciós vonalak és a kontroll Mv9kr1 búza szülőfenotípusos tulajdonságainak variancia analízisét SPSS 20.0 statisztikai programmal végeztük.



1. ábra. A 2010/11-es vegetációs periódus csapadékviszonyai és az 50 éves átlag

Eredmények és következtetések

A búza-árpa addíciós vonalak és a búza szülő fontosabb agronómiai tulajdonságait az *1. táblázat* mutatja. A vizsgált tulajdonságokban az addíciós vonalak és a kontroll búza szülő szignifikánsan különböznek. Az Mv9kr1 búza szülőnél a 2H addíciós vonal kivételével mindegyik genotípus szignifikánsan alacsonyabb volt. A búza-árpa addíciós vonalak közül a legalacsonyabb növény a 3H, a legmagasabb a 2H vonal volt. Ez a két addíciós vonal ugyanígy viselkedett a kalász hossz tekintetében is. Az Mv9kr1 szülőhöz képest szignifikánsan több kalásza volt a 2H és 3H vonalnak, amely megmutatkozott a növényenkénti terméseredményben is, a 3H vonal szignifikánsan felülmúlta a búza szülőt. A kalász tömörsége (Neergard-viszonszám: a kalászorsó egységnyi – 100 mm – hosszúságán a kalászkák száma) szoros összefüggést mutat a termés és a kalásonkénti szemszám

alakulásával, mely a 3H vonalnál volt a legnagyobb. A nagy kalásztömöttség és az erősebb produktív bokrosodás következtében a 3H addíció szemszáma és termése szignifikánsan nagyobb volt a Mv9kr1 szülőhöz és a búza-árpa származékokhoz képest. A kalásztömöttség, a szemszám és a termés a 7H addíció esetében bizonyult a legalacsonyabbnak. Azonban – feltehetően az alacsony szemszám következtében – 7H vonal adta a legnagyobb ezerszemtömeget a búza-árpa introgressziós vonalak közül.

1. táblázat. Búza-árpa addíciós vonalak és az Mv9kr1 búza szülő agronómiai tulajdonságainak összehasonlítása a kontroll kezelésben

NH: növénymagasság, NKSZ: növényenkénti kalászsorszám, KH: kalász hossz, KT: kalásztömöttség, NSZ: növényenkénti szemszám, NT: növényenkénti termés, ESZT: ezerszemtömeg.

Genotípus	NH (cm)	NKSZ (db)	KH (cm)	KT (db)	NSZ (db)	NT (g)	ESZT (g)
2H add.	66,5±4,1bc	5,4±0,9b	10,2±0,7e	19,5±1,4a	203,0±35,7c	6,88±1,13b	34,16±1,81a
3H add.	53,6±2,6a	5,4±2,6b	7,0±0,5a	25,5±0,9c	264,5±91,3d	10,75±3,26c	41,07±2,76c
4H add.	54,70±2,1a	3,7±1,0ab	8,7±0,5b	23,1±1,6b	158,9±40,2bc	5,49±1,37b	34,73±0,35a
6HS add.	62,9±1,45b	3,4±0,8a	8,1±0,3b	21,9±1,4b	124,0±34,8ab	4,75±1,35a	38,97±1,16b
7H add.	54,9±3,9a	4,2±1,7ab	8,4±0,6b	20,4±1,0a	100,8±42,0a	4,04±1,87a	41,92±2,39cd
Mv9kr1	70,1±2c	3,4±0,7a	9,5±0,5d	22,8±0,7b	144,1±24,6ab	5,91±1,16ab	42,71±2,14d
Átlag	60,45	4,24	8,67	22,14	162,51	6,12	38,93

2. táblázat. Búza-árpa addíciós vonalak és a szülőpartnerek virágzás- és érésidejének alakulása.

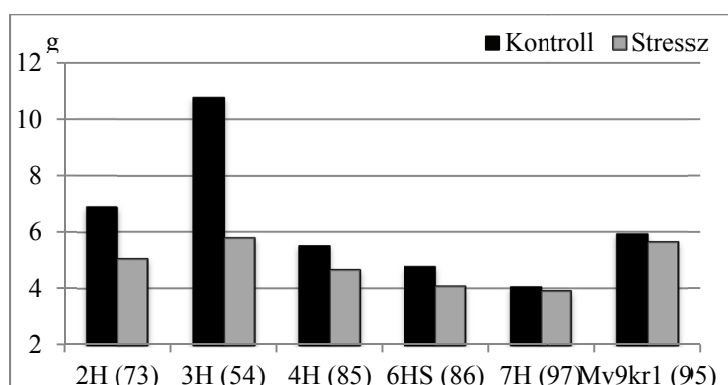
Genotípus	50%-os virágzás, EC:64-65			Érés, EC:91-93			Érés időtartama (nap), EC:71-92		
	kontroll	stressz	különbség	kontroll	stressz	különbség	kontroll	stressz	különbség
2H add.	máj. 21.	máj. 18.	-3	jún. 27.	jún. 22.	-5	34	32	-2
3H add.	máj. 19.	máj. 18.	-1	jún. 28.	jún. 22.	-6	37	32	-5
4H add.	máj. 22.	máj. 20.	-2	júl. 01.	jún. 26.	-5	37	34	-3
6HS add.	máj. 19.	máj. 16.	-3	jún. 27.	jún. 22.	-5	36	34	-2
7H add.	máj. 17.	máj. 15.	-2	jún. 24.	jún. 20.	-4	35	33	-2
Mv9kr1	máj. 18.	máj. 16.	-2	jún. 26.	jún. 20.	-6	36	32	-4
Igri	máj. 09.	máj. 07.	-2	jún. 10.	jún. 06.	-4	29	26	-3

A virágzás időtartalma a kontroll növényeknél átlagosan négy nap volt. Az Igri szülő öt napig, míg az Mv9kr1 szülő négy napig virágzott. Az árpa szülő koraisága egyik vonal esetében sem volt kimutatható. A vonalak közül legkorábban a 7H virágzott (2. táblázat), még a búza szülőt is megelőzte egy nappal. A 4H vonal a búza szülő után négy nappal, a hibridek közül utolsóként virágzott. A két addíciós vonal közötti öt napos különbség az érés idejében is megmutatkozott.

A vízhiány hatására a stresszelt növények átlagosan két nappal korábban virágoztak kontroll növényekhez képest. Ez a különbség az érés idejére növekedett, átlagosan öt nap eltérést figyeltünk meg. A vízhiány hatására az érés időpontjában az Igri árpa szülőnél négy, az Mv9kr1 búza szülőnél hat napos különbséget figyeltünk meg. A vízhiányra a 3H addíciós vonal reagált a legérzékenyebben: az 50%-os virágzást ugyan csak egy nappal korábban regisztráltuk, az érés időpontja azonban már hat nappal korábbra esett a kontrollhoz képest, ami öt nappal rövidebb az érésidőt eredményezett. A 2H, 6HS, 7H származékok szemtelítődésének időtartama kevésbé csökkent, mint a búza szülőé (két, illetve négy nap).

A vízhiány hatására bekövetkező termésnövekedés a szárazságtűrés komplex agronómiai mutatója (Keim és Kronstad 1981). A vizsgált introgressziós vonalak és a búza szülőpartner termése átlagosan 18,5 %-kal csökkent (2. ábra) a stresszkezelésben. A vízhiány hatására az Mv9kr1 búza szülőtermése 5 %-kal csökkent. A 7H vonal termése csökkent a legkevésbé (3%), a legnagyobb termésvesztést a 3H addíciónál (46%) mértük. A búza-árpa addíciós vonalak értékelésekor figyelembe kell vennünk a termés abszolút értékét is. A termésnövekedést alig mutató 7H és 6HS termése volt a legkevésbé mindkét kezelésben. Ezzel szemben a nagyarányú termésnövekedést mutató 3H és 2H vonal termése volt a legnagyobb, előbbi még vízhiányos körülmények között is meghaladta a búza szülőpartner termését is.

Jelen közleményben bemutatott vizsgálati eredmények értékes információt adnak az egyes árpa kromoszómák termést befolyásoló hatásairól normál és vízhiányos körülmények között.



2. ábra. A búza-árpa introgressziós vonalak és a szülőpartnerek szemtermése (g), zárójelben a vízhiányos növények termése a kontroll százalékában kifejezve.

Köszönetnyilvánítás

„A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

Irodalom

- Aranyi N. R., Molnár-Láng M., Hoffmann B. (2012) Búza-árpa introgressziós vonalak agronómiai tulajdonságainak vizsgálata. *Növénytermelés* 61: 5-19.
- Barnabás B., Fehér A. (2006) Az embriófejlődés és a szemfeltöltődés molekuláris folyamatai a vízhiányban. In: *A búza nemesítésének tudománya: A funkcionális genomikától a vetőmagig.* (Szerk.: Dudits Dénes) Winter Fair Kft., Szeged, 2006. 180-190.
- Cseuz L., Pauk J., Csiszár J., Lantos Cs., Horváth V.G., Dudits D., Matuz J. (2005) Az őszi búza szárazságtűrő képességének növelése nemesítéssel. *„Agro-21” Füzetek Klímaváltozások-Hatások- Válaszok.* 41: 102-113.
- Hoffmann B., Cseuz L., Pauk J. (2006) Az őszi búza szárazságtűrésre történő nemesítésének lehetőségei és korlátai. In: *A búza nemesítésének tudománya: A funkcionális genomikától a vetőmagig.* (Szerk.: Dudits Dénes) Winter Fair Kft., Szeged, 2006. 191-224.
- Khan, N., Naqvi, F.N. (2011) Effect of Water Stress in Bread Wheat Hexaploids. *Curr. Res. Biol. Sci.* 3: 487-498.
- Keim, D. L., Kronstad, W. E. (1981) Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress conditions. *Crop Sci.*, 40: 482-487.
- Molnár, I., Linc, G., Dulai, S., D. Nagy, E., Molnár-Láng, M. (2007) Ability of chromosome 4H to compensate for 4D in response to drought stress in a newly developed and identified wheat-barley 4H(4D) disomic substitution. *Plant Breeding* 126: 369-374.

A HŐMÉRSÉKLET CSAPÓ SÜGÉR (*PERCA FLUVIATILIS*) IVARARÁNYÁRA GYAKOROLT HATÁSA

BALIKÓ TÍMEA, MERTH JÁNOS, BERCSÉNYI MIKLÓS

Pannon Egyetem Georgikon Kar

Állattudományi és Állattenyésztési Tanszék, Állattan és Akvakultúra Csoport

8360 Keszthely, Deák F. u. 16.

timea.baliko@gmail.com

A hőmérséklet ivarbefolyásoló szerepét vizsgáltuk csapó sügér (*Perca fluviatilis*) ivadékok esetében. A lárvák ikrából való kikelését követően 3, illetve 8 hetes kortól, az optimálistól eltérő magas ($\approx 26^{\circ}\text{C}$) illetve alacsony ($\approx 16^{\circ}\text{C}$) hőmérsékleti kezeléseket részesültek. A kontroll csoport mellett 2 klímakamrában (egy hűtött és egy fűtött) 4-4 csoportot hoztunk létre, melyek különböző kezdési időpontokkal, eltérő időintervallumokban részesültek a kezeléseketben. A kísérlet célja az volt, hogy megtudjuk, a hőmérséklet hatással van-e az ivadékok ivarának kialakulására, és amennyiben igen, mely korban, és ez a környezeti faktor milyen ivararányt produkál. A vizsgálatból kiderült, hogy az alkalmazott kezelési hőmérsékletek a vizsgált időszakokban nincsenek hatással a halak ivarára, ugyanis a kezelt csoportok ivararányai között nem mutatkozott jelentős különbség.

Bevezetés

Az egyedfejlődés során, az ivar kialakulásában a genetikai tényezők mellett a környezetnek is szerepe van. Ilyen környezeti tényező lehet pl. a hőmérséklet, a táplálékellátottság, populációdensitás, stb. A környezeti tényezők gyors megváltozása (klímaváltozás, vagy a természetes vizekbe jutó szintetikus hormonok) jelentősen befolyásolhatja a természetes halpopulációk reprodukciós képességét és az ivar kialakulását egyaránt. Ez a jelenség jól ismert bizonyos hüllő és kételtű fajok esetében. Például egyes tengeri teknősöknél (*Cheloniamydas*) korábban megfigyelték, hogy ha viszonylag hűvös homokban kelnek ki a tojások, akkor hím, ha meleg homokban, akkor javarészt női egyedek jönnek világra (Standora és Spotila 1985).

Halak esetében az ivar kialakulása kevésbé szabályozott folyamat. Az ivar genetikailag és sok esetben a környezet által determinált. Ez több halfaj, elsősorban tengeri fajok esetében ismert. Tengeri sügérnél már végeztek megfigyeléseket a halak egész fejlődési periódusában, különböző hőmérsékleteken történő tartásával. Megállapították, hogy a hőmérséklet jelentős befolyással van a kialakuló ivarra, bár ellentmondásos eredmények születtek az alacsony avagy magas hőmérséklet hatásáról, attól függően, hogy milyen fejlődési szakaszban alkalmazták a kezelést (Saillant és mtsai. 2002). Gazdasági szempontból olykor előnyös lehet a halak ivarának mesterséges beállítása, akár monosex állományok létrehozása. Ez különösen fontos olyan fajok esetében, ahol az egyik ivar növekedési erélye lényegesen meghaladja a másik ivarét (pl. sügérfélék).

Jelen kutatás fő célja megismerni, hogy a hőmérséklet, mint az egyik legjelentősebb környezeti tényező, befolyásolja-e az ivar kialakulását csapó sügér (*Perca fluviatilis*) esetében.

Anyagok és módszerek

A kísérletet a Pannon Egyetem hallaboratóriumában végeztük, Keszthelyen. A kísérleti halak két, külön erre a célra kialakított klímakamrában részesültek extrém hőmérsékleti kezeléseketben. A két helyiség hőmérsékletét elektromos hűtő- ill. fűtőberendezéssel 16 ± 2 ill. 26 ± 2 $^{\circ}\text{C}$ -on tartottuk, a vízhőmérsékletet naponta mértük (átlag \pm SD: $16,4\pm 1^{\circ}\text{C}$ és $25,9\pm 0,8^{\circ}\text{C}$).

Helyiségenként 3 nagy méretű akvárium adott helyet a kísérleti csoportoknak, valamint egy recirkulációs rendszer, melyben a szobahőmérsékleten tartott kontroll csoport kapott helyet.

A Csapó sügér (*Perca fluviatilis*) ivadékok 3-3 csoportját 3 hetes korban vetettük kísérlet alá különböző időtartamokra, egy csoport esetében pedig 8 hetes korban indítottuk el a kezelést. A kezdési időpontokat és a kezelési időtartamokat az 1. ábra szemlélteti.

Ivadékok kora		Hideg kezelés			Meleg kezelés		
		H1	H2	H3/H4	M1	M2	M3/M4
Kelés	április 15.						
1 hét	április 22.						
2 hét	április 29.						
3 hét	május 6.	15 hét	10 hét	5 hét	12 hét	10 hét	5 hét
4 hét	május 13.						
5 hét	május 20.						
6 hét	május 27.						
7 hét	június 3.						
8 hét	június 10.						
9 hét	június 17.						
10 hét	június 24.						
11 hét	július 1.						
12 hét	július 8.						
13 hét	július 15.						
14 hét	július 22.						
15 hét	július 29.						
16 hét	augusztus 5.						
17 hét	augusztus 12.						

1. ábra. A kezelések kezdések ideje és időtartama

A kezelések alatt heti rendszerességgel ellenőriztük, hogy a kísérleti halak gonádjai egyértelműen elkülöníthető-e. A két extrém hőmérsékleten nevelt ivadékok közül a hidegkezelésben részesült egyedek növekedési erélye lényegesen elmaradt a meleg kezelést kapott csoportokéhoz képest, így azokban hetekkel később lehetett csak megállapítani az ivart.

Mikor a kísérleti halak elérték a megfelelő fejlettségi szintet, szegfűszegolajos túllattatást követően felboncoltuk őket és sztereo mikroszkóp segítségével meghatároztuk nemüket a látható ivarszerv alapján.

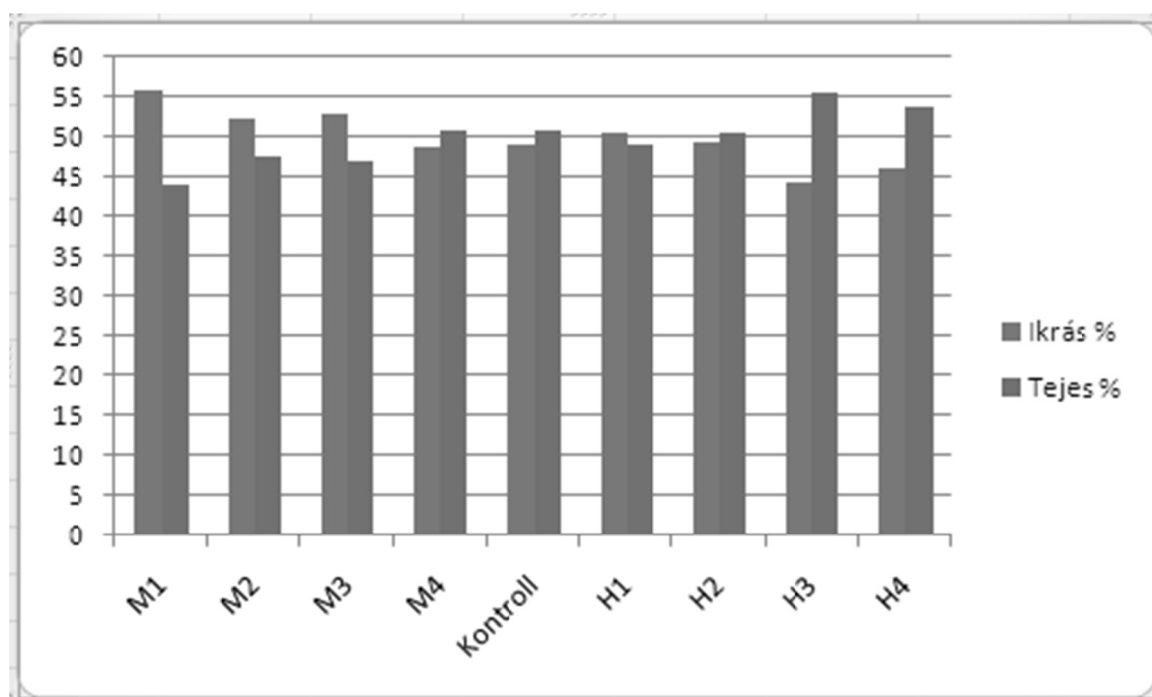
Eredmények és következtetések

A kellő méret elérését követően a csoportok egyedeit felboncoltuk, ivaruk mellett testsúlyukat és teljes testhosszukat is feljegyeztük további következtetések levonása céljából. A halakboncolása során kiderült, hogy a kezelésben részesült csoportokivararányai nem tértek el jelentősen egymástól. A csoportok egyedszáma bár kis mértékben különbözött, az ikrás és a tejes egyedek százalékos megoszlása egyértelműen prezentálja, hogy nincs különösebb differencia a vizsgált kezelések hatásai között. (1. táblázat és 2. ábra)

Feltételezhető, hogy a lárvák ivara már a kelést követő 3 héten belül eldőlt. Bár a halak életének első néhány hete igen kritikus időszak, valószínűleg érdemes lenne még fiatalabb korban kitenni őket az alkalmazott kezeléseknél.

1. táblázat. Az egyedek csoportjainak darabszámai és ivaraik százalékos megoszlása

	Σ db	Ikrás		Tejes	
		db	%	db	%
M1	111	62	55,85	49	44,14
M2	111	58	52,25	53	47,74
M3	87	46	52,87	41	47,12
M4	98	48	48,97	50	51,02
Kontroll	165	81	49,09	84	50,9
H1	136	69	50,73	67	49,26
H2	107	53	49,53	54	50,46
H3	97	43	44,32	54	55,67
H4	89	41	46,06	48	53,93



1. ábra. Az ikrás és a tejes egyedek százalékos eloszlása kezelési csoportonként

Az eredményt konstatálva arra a következtetésre jutottunk, hogy nem csupán a kezelések kezdeti időpontját és hosszát érdemes vizsgálni, hanem minden bizonnyal más hőmérsékleti értékeken is célszerű lenne megismételni a kísérletet. Tehát a feltett kérdések megválaszolása további kutatásokat kíván.

Köszönetnyilvánítás

Jelen munka a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0025 azonosítójú projekt támogatásával valósult meg.

Irodalom

- Standora, E., Spotila, J. (1985) Temperature Dependent Sex Determination in Sea Turtles, *Copeia*, 3: 711-722
- Saillant, E., Fostier, A., Haffray, P., Menu, B., Thimonier, J. and B. Chatain. (2002) Temperature effects and genotype-temperature interactions on sex determination in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *J. Exp. Zoology*. 292: 494-505.

A MAGAS HŐMÉRSÉKLET ÉS A SZÁRAZSÁG HATÁSA AZ ŐSZI BÚZÁK FOTOSZINTÉZISÉRE

BALLA K.¹, BENCZE SZ.¹, BÓNIS P.², ÁRENDÁS T.², VEISZ O.¹

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet¹Kalászos Gabona Rezisztencia Nemesítési Osztály,
²Növénytermesztési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
balla.krisztina@agrar.mta.hu

A magas hőmérséklet és az alacsony vízellátottság hatására bekövetkező fotoszintetikus aktivitás változásokat vizsgáltuk őszi búzán, melyek jelentősen befolyásolhatnak több fontos élettani folyamatot és ezáltal hatással lehetnek a stressztűrőképesség kialakulására. E stresszekhez való tolerancia értékeléséhez 2 őszi búzát választottunk, melyek a stresszkezelést kalászosítás utáni 12. naptól 15 napon át kapták. A magas hőmérsékleti kezelésnél a vizsgált fajtákat 35/20°C-nak tettük ki. A talajnedvességet a természetes vízkapacitáshoz viszonyítva állítottuk be, a szárazság stressz esetén ez annak 40-45%-a volt.

Az őszi búzák fiziológiai tulajdonságait vizsgálva, megállapítottuk, hogy a hőstressz és a szárazság jelentős csökkenést eredményezett a növények klorofill tartalmában és a klorofill fluoreszcencia indukció $\Delta F/F_m$ értékében a kontroll értékekhez viszonyítva. A magas hőmérséklet, valamint a szárazság hatására a mért élettani paraméterek változása hasonló mértékű és tendenciájú változást mutatott ebben a kísérletben. A szárazság+hőstressz hatására viszont nagyobb mértékű csökkenés volt jellemző a vizsgált fajták fiziológiai tulajdonságaiban, ami a fajták közti nagyobb különbségben is megmutatkozott. A vízhiány jelentősebb mértékben csökkentette a búzanövények nettó asszimilációját, mint a hőstressz. A fotoszintetikus CO₂ megkötésére pedig a kettős stresszkezelés még a különálló stresszkezeléseknél is nagyobb hatással volt, jelentősen csökkentve a növények fotoszintetikus hatékonyságát.

Bevezetés

A hőmérséklet hatása a fotoszintézis intenzitására rendkívül összetett, mivel számtalan fiziológiai folyamatra van hatással, melyek képesek befolyásolni a fotoszintetikus aktivitást (Farooq és mtsai. 2011). A fotoszintetikus folyamatok optimális működése több egyéb tényezőtől is függhet, ilyen a fényintenzitás, a CO₂ koncentráció, a növény vízháztartása vagy, hogy a vizsgált növényünk C₃-as illetve C₄-es növény-e. Számtalan tényező létezik, amely ha a növény számára nem megfelelő, ennek következtében a fotoszintézis intenzitásának romlását eredményezheti. Kiemelkedő fontosságú a sztómák zárásának és nyitásának hőmérsékletfüggése, mely befolyásolja a külső gáztérből a CO₂ beáramlását a levelekbe. A magas hőmérséklet hatására ugyanis megemelkedik a transzspiráció, ami elősegíti a sztómák zárását. Ez közvetve hatással van a növények fotoszintetikus széndioxid fixációjára is. Mindemellett a CO₂ asszimilációban szerepet játszó enzimek aktivitása is hőmérsékletfüggést mutat, ami káros hatással lehet a RUBISCO karboxiláz és oxigenáz aktivitására (Xu és mtsai. 2004). A magas hőmérséklethez sokszor szárazság is társul. Szárazság hatására a fotoszintetikus ráta jelentősen csökken, amelynek hatására a növényekben a nettó C beépítése is nagymértékben visszaesik (Chaves és mtsai. 2002). A fotoszintetikus aktivitás visszaesésének egyik oka a sztómák bezáródása. Szárazság hatására a növények kalászosítása késik, csökken a biomassza és a termésátlag (Reynolds és mtsai. 1994).

Mivel az egyre gyakrabban előforduló szélsőséges időjárási események a búzanövényeinket egyre többször a kalászosítást követő időszakban érinthetik Magyarországon, ezért a szemtelítődés időszakában alkalmazott abiotikus stresszek kutatását kiemelt

fontosságúnak tekintjük. Ebben a kísérletben a fiziológiai paraméterek változását hangsúlyozva, az őszi búzák fotoszintetikus hatékonyságát vizsgáltuk magas hőmérsékleten és vízhiányos körülmények között.

Anyagok és módszerek

A hőstressz és a szárazság hatásának vizsgálatát az őszi búzák érése során fitotronban, kontrollált körülmények között végeztük. A kezeléseknél a Fatima 2 (H) és az Mv Magma (H) őszi búzafajták stressztűrő-képességét teszteltük. A kísérlet 4 kezelésből állt: kontroll (K), hőstressz (H), szárazság stressz (SZ), szárazság+hő stressz (SZ+H). A kezelések a kalászás után 12 nappal kezdődtek (Zadoks-75, *Tottman és Makepeace 1979*) és 15 napon át tartottak. A hőmérsékletet a kontroll növények számára fenntartott kamrákban 24/20°C-ra (nappal/éjjel), a hőstresszelt kamrákban 35/20°C-ra (8 órán keresztül) programoztuk (*Tischner és mtsai. 1997*). A talajnedvességet a természetes vízkapacitáshoz (NWC) viszonyítva állítottuk be. A kontroll növényeknél ez az érték 60-70%, a szárazság stressz kezelésnél pedig 40-45% volt. Az öntözés súlyra történt.

A klorofilltartalom meghatározására SPAD-502 típusú készüléket (Minolta, Japán) alkalmaztunk. A stresszkezelések 3. 7. 9. 11. 13., valamint 15. napján mértük a növények klorofill tartalmát. A klorofill fluoreszcencia indukciós paramétereket a teljesen kifejlett zászlós levélen PAM-2000 készülékkel (Portable Fluorometer PAM 2000, POQET, CH-8604, Walz, Effeltrich, Germany) határoztuk meg. A PSII effektív quantum yield értékének (Φ_{PSII}) változását mértük, ami a $\Delta F/F_m' = (F_m' - F_s)/F_m'$ egyenletből számolható ki (ahol az F_m' és F_s a maximum és a steady state fluoreszcencia szintet jelenti a növények fény adaptált állapotában, *Genty és mtsai. 1989*). A mérés magasságában a fényintenzitás $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR volt. A növények nettó fotoszintetikus asszimilációjában bekövetkező változásokat LI-6400 Portable Photosynthesis System (LI-COR, Inc., Lincoln, NE, USA) mérőműszerrel határoztuk meg. A mérőkamra belső hőmérsékletét a stresszkezelések (H és SZ+H kezelések) alatt 35°C-on, a kontroll és szárazság stressz esetében 24°C-on tartottuk fenn. A növények fotoszintézisét $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ CO₂ koncentráción mértük. A Φ_{PSII} és a nettó asszimiláció értékében bekövetkezett változásokat a kezelések 3. 6. 9. 11. és 14. napján rögzítettük.

Az adatok statisztikai értékeléséhez az ismétlések figyelembevételével kéttényezős variancia analízist (ANOVA) alkalmaztunk.

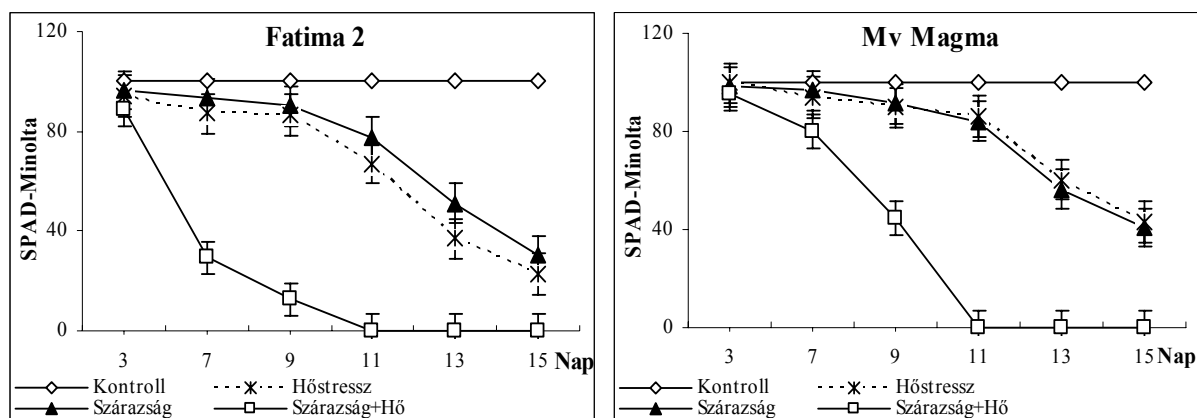
Eredmények és következtetések

Az őszi búzák magas hőmérséklettel és szárazsággal szembeni érzékenysége jelentősen eltér egymástól különösen szemtelítődés folyamán, mivel a reprodukív fázisban a növények különösen érzékenyek a vízhiányos állapotokra és a magas hőmérsékletre. Virágzás után a búzanövényeket érő stresszhatások felgyorsították az öregedési folyamatokat, aminek első jeleként a klorofill molekulák fokozatosan lebomlottak, ez pedig a levelek sárgulásához és a fotoszintetikus aktivitás csökkenéséhez vezetett (*1.-2.-3. ábra*).

Az Mv Magma klorofill tartalmában kisebb mértékű csökkenést váltott ki a hőstressz és a szárazság, szemben a Fatima 2 fajtával, ahol mind a magas hőmérséklet és csökkent vízmennyiség nagyobb mértékű klorofill csökkenést eredményezett (*1. ábra*). Nagyobb eltérést a fajták válaszreakciójában szárazság+hőstressz kezelés hatására tapasztaltuk. A Fatima 2 fajta nagyobb érzékenységgel reagált az alkalmazott stresszre, amit már a kezelés 7. és 9. napján kapott nagyobb klorofill csökkenés is bizonyított.

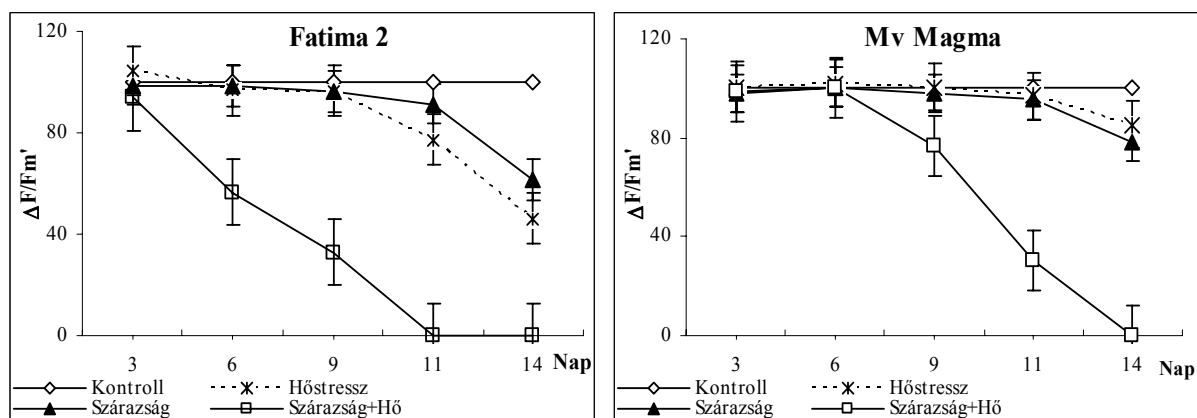
Az intenzívebb fotoszintetikus működés jobb stressz-tűrőképességre utal, de a klorofill fluoreszcencia is alkalmas tulajdonság lehet a fajták stresszel szembeni tűrőképességének jellemzésére (*Moffat és mtsai. 1990*). A vizsgált PSII effektív quantum yield ($\Delta F/F_m'$) értékében a stresszkezelések jelentősebb eltérést mutattak (*2. ábra*). A Fatima 2 $\Delta F/F_m'$ értékében jóval nagyobb csökkenést kaptunk hőstressz következtében, mint szárazság stressz hatására. Az Mv Magmánál viszont mind a hő- mind a szárazság stressz csak kisebb mértékű visszaesést eredményezett. Nagyobb fokú érzékenységet a kettős stressz hatására ennél a

tulajdonságnál is a Fatima 2 fajtánál tudunk kimutatni. Az Mv Magma-nál a csökkenés mértéke intenzív volt, de jóval kisebb mértékű, mint a Fatima 2-nél. Az Mv Magma esetében csak a 6. nap után történt jelentős visszaesés, a Fatima 2-nél viszont már a kezelés 3. napjától.



1. ábra. A Fatima 2 és az Mv Magma őszi búzák klorofill tartalmának változása (kontroll %-ban) az abiotikus stresszkezelések hatására

LSD_{5%}: szignifikánsan különbözik a kontrolltól a $p \leq 0,05$ valószínűségi szinten



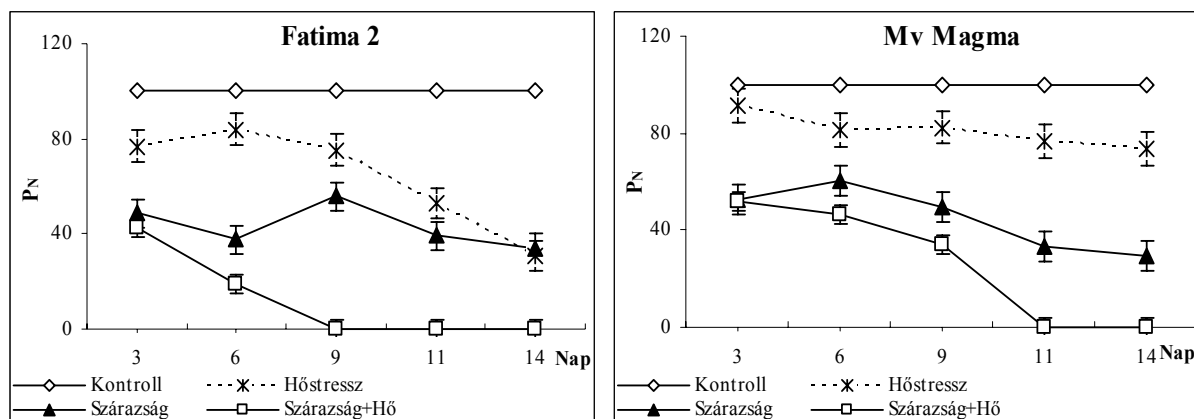
2. ábra. A Fatima 2 és az Mv Magma őszi búzák PSII effektív quantum yield értékének (Φ_{PSII}) változása (kontroll %-ban) az abiotikus stresszkezelések hatására

LSD_{5%}: szignifikánsan különbözik a kontrolltól a $p \leq 0,05$ valószínűségi szinten

A fotoszintetikus aktivitás vizsgálatánál megállapítottuk, hogy az alkalmazott stresszkezelések a növények nettó asszimilációjában (P_N) számottevő változást eredményeztek (3. ábra). A hőstressz hatására a Fatima 2 nettó asszimilációja a 9. naptól kezdve jelentősen lecsökkent, míg az Mv Magma még ekkor is magas értékekkel volt jellemezhető. A nettó asszimilációban történt kisebb mértékű változás az Mv Magma jobb hőtűrő képességére utalt a Fatima 2-höz viszonyítva. Szárazság stressz kezdetén az Mv Magma nettó asszimilációja még jóval magasabb volt, viszont a 11. kezelési nap körül már nagyobb visszaesést mutatott, mint a Fatima 2 őszi búza. A kettős stresszkezelésnél az Mv Magma mutatkozott jobbnak, mivel a Fatima 2 fotoszintetikus CO₂ megkötése a 9. npra teljesen lecsökkent.

Több kísérletben bizonyítást nyert, hogy a fiziológiai paraméterek közül a klorofill fluoreszcenciát fontosnak tartják a különböző búza genotípusok szárazságtűrésének tesztelésére, azonban a még megbízhatóbb eredmények megállapítása érdekében több módszer együttes alkalmazását javasolják (Flagella és mtsai. 1995, Baker és mtsai. 2008). Összességében megállapíthatjuk, hogy az őszi búzák termőképességének meghatározása

mellett a stresszhatásra megváltozott fiziológiai tulajdonságok figyelembevétele is hasznos információt nyújthat búzafajtáink stressztűrő képességének megállapításánál.



3. ábra. A Fatima 2 és az Mv Magma őszi búzák nettó asszimilációjának (P_N) változása (kontroll %-ban) az abiotikus stresszkezelések hatására

LSD_{5%}: szignifikánsan különbözik a kontrolltól a $p \leq 0,05$ valószínűségi szinten

Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat a TÁMOP-4.2.2.A-11/1KONV-2012-0064, a DROPS (EU-FP7 No. 244374) és az OTKA K-105949 pályázatok támogatták.

Irodalom

- Baker, N.R. (2008) Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 89-113.
- Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J. (2002) How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and Growth, *Ann. Bot.* 89: 907-916.
- Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A., Siddique, K.H.M. (2011) Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. *Crit. Rev. Plant Sci.* 30: 491-507.
- Flagella, Z., Pastore, D., Campanile, R.G., Di Fonzo, N. (1995) The quantum yield of photosynthetic electron transport evaluated by chlorophyll fluorescence as an indicator of drought tolerance in durum wheat. *J. Agric. Sci.* 125: 325-329.
- Genty, B., Briantais, J.-M., Baker, N.R. (1989) The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochem. Biophys. Acta.* 990: 87-92.
- Moffat, J.M., Sears, G., Cox, T.S., Paulsen, G.M. (1990) Wheat high temperature tolerance during reproductive growth. I. Evaluation by chlorophyll fluorescence. *Crop Sci.* 30: 881-885.
- Reynolds, M.P., Balota, M., Delgado, M.I.B., Amani, I., Fischer, R.A. (1994) Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Aust. J. Plant Physiol.* 21: 717-730.
- Tischner, T., Rajkainé Végh, K., Kőszegi, B. (1997) Effect of growth medium on the growth of cereals in the phytotron. *Acta Agron. Hung.* 45: 187-193.
- Tottman, D.R., Makepeace, R.J. (1979) An explanation of the decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations. *Ann. Appl. Biol.* 93: 221-234.
- Xu, X.L., Zhang, Y.H., Wang, Z.M. (2004) Effect of heat stress during grain filling on phosphoenolpyruvate carboxylase and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activities of various green organs in winter wheat. *Photosynthetica* 42: 317-320.

DURUM BÚZA TERMÉSKOMPONENSEINEK ÉS EGYES FIZIOLÓGIAI PARAMÉTEREINEK VIZSGÁLATA

BÁNYAI JUDIT, TÓTH VIOLA, MAYER MARIANNA, LÁNG LÁSZLÓ, BEDŐ ZOLTÁN

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Kalászos Gabona Nemesítési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
banyai.judit@agr.ar.mta.hu

Különböző tavaszi durum búza fajták termését, termés komponenseit és egyes fiziológiai paramétereit vizsgáltuk öntözött és természetes csapadékelátottságú ismétlésekben a 2011-es és 2012-es évben. A tenyészidő folyamán folyamatosan rögzítésre kerültek az időjárási adatok, valamint a talaj nedvességében, hőmérsékletében és elektromos vezetőképességében bekövetkezett változások. A csapadékhiány hatására már május elején szárazság stressznek voltak kitéve növényeink, az optimális generatív fejlődés nem következett be. Az öntözetlen területen magasság csökkenést, oldalhajlás~, kalász~, kalászká~, szemszám és szemsúly csökkenést, valamint az üres bazális kalászkák számának növekedését figyeltük meg. A különböző fejlődési fázisokban mért klorofill tartalom és vegetációs index értékek szignifikánsan különböztek a természetes csapadékelátottságú és öntözött ismétlések között, azonban a hozammal csak gyenge-közepes korrelációt mutattak a DEV45 és DEV65 fejlődési fázisokban.

Bevezetés

A szárazság messze a legfontosabb környezeti stressz a mezőgazdaságban, sok erőfeszítés irányult már arra, hogy növeljék a termés mennyiségét korlátozott vízellátottság mellett is (Cattivelli 2008, Marris 2008). A szárazságtűrés javítása hazánk kontinentális, szárazságra hajló klímája miatt állandóan és szinte minden növényre vonatkozó célkitűzése a növénynevelésnek. A növények szárazságtűrése agrofiziológiai értelemben olyan képesség, mely segítségével a hosszabb rövidebb ideig tartó vízhiányt termésnövekedés nélkül tudják elviselni (Nouri és mtsai. 2011, Karimizadeh és mtsai. 2011). A levelek hervadása, a növények magasságának, a levelek számának és nagyságának csökkenése látható tünetegyüttesként lép fel, ha a vízhiány tartós a vegetatív fázisban (Alaei és mtsai. 2010). A szárazságstressz hatására csökkenhetnek az egyes terméskomponens mért értékei, különös tekintettel a fertilis kalászkák száma, kalásonkénti szemszám és a harvest index (Balla és mtsai. 2011, Giunta és mtsai. 1993, Jäger és mtsai. 2008). A növénytermesztésben megfelelő mennyiségű és minőségű termés biztosan csak abban az esetben érhető el, ha a talaj átmedvesedése olyan mélységig terjed, mint amilyen mélyre a termesztett növény gyökerei élettani sajátosságuknál fogva egyáltalán lehatolhatnak (Nyíri 1993). A talaj gyökérszónájának nedvességtartalma tehát meghatározó a növényi fejlődés, ezáltal a termés nagysága szempontjából. A precíziós gazdálkodásban ennek fenntartásához elkerülhetetlen a talajnedvesség eloszlásának pontos ismerete, feltérképezése (Balla 2011). A kutatás célja volt talajszenzorokkal kontrollált öntözés hatásának vizsgálata különböző durum búzafajta termésére és terméskomponenseire, illetve a vizsgált fenotípusos tulajdonságok szelekciós kritériumként való alkalmazhatóságának megfigyelése.

Anyagok és módszerek

Vizsgálatainkat az Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetének tükrösi kísérleti területén végeztük 2011-ben és 2012-ben. Száz illetve 188 különböző durum búza genotípust vizsgáltunk tavaszi vetésben. Randomizált blokk elrendezést alkalmaztunk három ismétlésben öntözetlen, két ismétlésben öntözött körülmények között. A kísérleti terület talaja erdőmaradványos csernozjom, melynek vízbefogadó képessége jó. 30 cm-es mélységben a szabadföldi vízkapacitás (pF 2,5) értéke 27 tf%, holtvíztartalma (pF 4,2) 16,1 tf%. Ezen értékekből felállított pF-görbe alapján a víz-stressz állapota (pF 3,4) 21,5 tf%-nál következik be.

Az öntözés vízsugaras mikroöntözéssel történt három (2011) és négy (2012) alkalommal a tenyészidő során, kalász hasban (DEV 45), virágzás (DEV 65), korai tejesérés (DEV73) és késői tejesérés (DEV 77) növekedési stádiumban. A kiadott víz pontos mennyiségét (170 illetve 220 mm) az ECRN-100 0,2 mm érzékenységu csapadékmérő segítségével mértük. A kapacitív talajnedvességmérő szenzorokat 30 és 60 cm mélységben helyeztük el, öt helyen, minden esetben a kontroll fajta (Meridiano) parcellájában. Az egész tenyészidő folyamán óránként rögzítettük a talaj nedvességtartalmát (%), hőmérsékletét (C°) és elektromos vezetőképességét (dS/m). Kísérletünkben folyamatos monitorozással figyeltük a tenzióváltozást MPS-1 tenzióméterrel. Területünkön, durum búza esetén megállapítható, hogy -30-40 kPa érték megfelelő, a talaj vízzel jól átitatott. -40 kPa-nál kisebb értékek esetén már szenvednek a növények, meg kell kezdeni az öntözést az optimális fejlődés és terméshozam érdekében. A klorofill tartalmat SPAD-502 klorofill méterrel rögzítettük: kalász hasban (DEV45), virágzás (DEV65), késői tejesérés (DEV77), korai viaszérés (DEV83), viaszérés vége (DEV85) növekedési stádiumban. A vegetációs indexet (NDVI) Green Seekerrel mértük: kalász hasban (DEV45), virágzás (DEV65), korai viaszérés (DEV83), növekedési stádiumban. Parcellánkénti termés mennyiség, ezerszem-tömeg mérése történt meg aratás után. Tizenkilenc fajta esetében négyzetméterenkénti kalászsám, parcellánként tizenöt főkalász kalásonkénti kalászkaszama, kalásonkénti szemszáma és szemtömege, az apikális és bazális steril kalászkák száma lett meghatározva. A statisztikai kiértékelést GENSTAT 15 szoftverrel végeztük.

Eredmények és következtetések

A természetes csapadék ellátottságú terület talajnedvesség (22 tf%) adatai azt mutatják, hogy a talaj tavaszi búza által felvehető vízkészlete május elejétől kezdve kritikus szint alá süllyedt, a növények szárazság stressz hatásnak voltak kitéve mindkét vizsgálati évben, melynek következménye lett a hiányos megtermékenyülés, a termés jelentős csökkenése. Szignifikáns különbség igazolódott a fajták között (<.001), ugyan így az öntözésnek is szignifikáns hatása volt a fajták termésére (<.001). 2011-ben 34%-kal, 2012-ben 16%-kal kevesebb volt a parcellánkénti termések mennyisége a kezeletlen ismétlésekben. Az ezerszem tömeg esetében szignifikáns különbség alakult ki (<.001) a fajták között, a fajták és az öntözött, öntözetlen kezelések között kölcsönhatást 2012-ben kaptunk. 2012-ben az ezerszem tömeg 16%-kal nagyobb volt az öntözetlen ismétlésekben

A kalászosolási időben nem volt különbség, a természetes csapadék ellátottságú és öntözött ismétlések között, átlagosan 142 (2011) és 138 (2012) nap alatt kalászosoltak ki a növények. A virágzási időre nem volt hatása az öntözésnek, viszont az érés ideje kitolódott a kezelés hatására (1. táblázat).

1. táblázat. A kalászoslévi, virágzási és érési idő alakulása az öntözetlen és öntözött kísérleti területen (Martonvásár-Tükrös, 2011-2012)

	Fajta	Kezelés	Fajta.Kez.	Öntözetlen kísérlet (nap)	Öntözött kísérlet (nap)
2011					
Kalászoslévi	<,001	0,840	0,001	142,105	142,079
Virágzás	<,001	0,009	0,066	146,726	146,095
Érés	0,072	<,001	0,161	187,095	189,147
2012					
Kalászoslévi	<,001	<,001	0,437	138,726	137,410
Virágzás	<,001	1,000	0,964	143,189	143,189
Érés	0,004	<,001	0,338	177,379	182,195

A zászlóslevél, kalász aljáig és kalász tetejéig mért növénymagasságokban szignifikáns különbség adódott mindkét évben. Az öntözésnek minden vizsgált magassági paraméterre hatása volt, legnagyobb különbséget a kalász és a kalászt tartó szár hosszában okozott. A klorofill tartalom a korai fejlődési stádiumokban szignifikánsan különbözött a fajták között, viszont a természetes csapadék ellátottságú és öntözött ismétlések mérési eredményei között nem volt szignifikáns különbség. A későbbi fejlődési fázisokban (DEV83, DEV85) ez az eredmény ellentétesen alakult, nem volt szignifikáns különbség a fajták zászlósleveleinek klorofill tartalma között, de az öntözés szignifikáns klorofill tartalom növekedést okozott. A hozammal csak a nedvességgel jól ellátott növények DEV45 fejlődési fázisában mért klorofill tartalma mutatott gyenge-közepes korrelációt (0,4234), az öntözetlen ismétlések esetén az eredmények nem korreláltak a hozammal. A virágzaskor és korai viaszérskor mért vegetációs index szignifikánsan különbözött a természetes csapadék ellátottságú és öntözött ismétlések között, fajták között azonban csak a DEV65 stádiumban mért értékek esetén volt szignifikáns különbség. Ebben a fejlődési fázisban mért NDVI értékek mutattak közepes korrelációt (0,5420) a hozammal. 2011-ben az öntözetlen ismétlések kalászonkénti szemszám átlaga 28,2 db, míg az öntözötteké 36,66 db lett. A kalászonkénti szemsúlyra is szignifikáns hatása (<.001) volt az öntözésnek. Az öntözetlen ismétlések kalászonkénti szemsúly átlaga 1,56 gr, míg az öntözötteké 2,11 gr. Öntözés hatására a legnagyobb kalászonkénti szemsúly a Quadalete (2,47gr), Ouaserl-1 (2,39gr) és Miki-1 (2,28gr) fajtáknak lett, azonban az öntözetlen ismétlésekhez képest a legnagyobb kalászonkénti szemsúly növekedést a Cham-1 (75,84%), Ouaserl-1 (70,60%) és Amedakul-1 (68,59%) fajták érték el, jobban hasznosítva a kijuttatott víz mennyiségét. Az öntözésnek szignifikáns hatása volt mind az alapi (<.001), mind a csúcsi (0,001) steril kalászkaszám alakulásra. Az öntözetlen ismétlésekben minden fajtánál volt bazális steril kalászkaszám, az összesített átlag 0,49 db. Az Amedakul-1 fajta esetén minden kalászból találtunk egy vagy kettő alapi steril kalászkát, melynek száma az átlagos kalászkaszám 13,29%-a volt. Az Ouaserl-1 fajtánál 8,15%, míg a Quadalete fajtánál 6,68% lett. Apikális steril kalászkaszám tizenegy fajtánál volt, de a tizenöt főkalászból átlagosan csak egy főkalászból találtunk egy apikális steril kalászkát. Öntözött ismétlésekben az átlagos bazális steril kalászkaszám 0,036 db/kalász volt. Tizenegy fajta esetén találtunk steril kalászkákat, legtöbbet a Quadalete (átlagos kalászkaszám 3,3%-a) és Amedakul-1 fajták (átlagos kalászkaszám 1,85%-a) esetén, míg csúcsi steril kalászkaszám az Omrabi-5 fajta egyetlen főkalászában volt. A kísérletekben vizsgált fenotípusos paraméterek (klorofill tartalom, NDVI érték, kalászonkénti szemszám és szemsúly, növény magasság) eredményei nagy változatosságot mutatnak. Felhasználásuk szelekciós faktorként még több év és kísérleti helyszín bevonását igényli.

Köszönetnyilvánítás

A munkát az EU FP7 DROPS (FP7-244374) és az EU_BONUS_12-1-2012-0017 jelű pályázatok támogatták.

Irodalom

- Alaei M.-Farboodi M.-Khorshidi M.B.-Zaeifizadeh M.:2010. Durum wheat land race screening for drought tolerance. *Middle-East J. of Sci. Res.* 6 (3): 289-292.
- Balla I.-Milics G.-Deákvári J.-Fenyvesi L.-Neményi M.-Jolánkai M.:2011. Talajnedvesség meghatározás fajlagos elektromos vezetőképesség alapján a precíziós mezőgazdaságban. *Növénytermelés* 60 (4): 5-25.
- Balla K.- Rakszegi M.- Li Z.- Békés F.- Bencze Sz.- Veisz O.: 2011. Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. *Czech J. of Food Sci.* 29:(2): 117-128.
- Cattivelli L.-Rizza F.-Badeck F.W.-Mazzucotelli E.-Mastrangelo A.M.-Francia E.-Maré C.-Tondelli A.-Stanca A.M.:2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crop Res.* 105:1 - 14.
- Giunta F.-Motzo R.-Deidda M.:1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.* Vol. 33 (4):399-409.
- Jäger, K., Fábrián, A., Barnabás, B.: Effect of water deficit and elevated temperature on pollen development of drought sensitive and tolerant winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Acta Biol. Szeged*, **52**, 67-71.
- Karimizadeh R.-Mohammadi M.-Ghaffaripour S.-Karimpour F.-Shefazadeh K. M.:2011. Evaluation of physiological screening techniques for drought-resistant breeding of durum wheat genotypes in Iran. *African J. of Biotechn.* Vol. 10 (56):12107-12117.
- Marris E.:2008. More crop per drop. *Nature* 452, 273-277.
- McMaster G.S.-Wilhelm W.W.:2003. Phenological responses of wheat and barley to water and temperature. Improving simulation models. *J. of Agric. Sci.* 141, 129-147.
- Nouri A.-Etminan A.-Silva J.A.-Mohammadi R.:2011. Assessment of yield, yield-related traits and drought tolerance of durum wheat genotypes (*Triticum turjidum* var. Durum Desf.). *Australian J. of Crop Sci.* 5 (1): 8-16.
- Nyiri L.:1993. *Földműveléstan*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.

BÚZA LEVÉLBETEGSÉGEK FERTŐZÉSÉNEK VÁLTOZÁSA EMELT LÉGKÖRI CO₂-KONCENTRÁCIÓN

BENCZE SZILVIA, BALLA KRISZTINA, VIDA GYULA, VARGA-LÁSZLÓ EMESE,
VEISZ OTTÓ

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Kalászos Gabona Rezisztencia Nemesítési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
bencze.szilvia@agr.ar.mta.hu

Különböző betegség ellenállóságú búzafajták gombás eredetű levélfertőződését vizsgáltuk normál (390 ppm) és emelt (750 ppm) CO₂-szinten, fitotroni körülmények között. Az emelt CO₂-szint kevés kivétellel általában elősegítette a fogékony fajták fertőződésének jelentős súlyosbodását, a rezisztens fajtákat azonban nem befolyásolta, azokon továbbra sem jelentek meg a betegségek tünetei.

Eredményeink azt bizonyítják, hogy a rezisztens fajták nemesítése a jövőbeli megváltozó környezeti és klímafeltételek között is hatékony eszköz lesz a betegségek okozta gazdasági károk megelőzésére.

Bevezetés

A búza (*Triticum aestivum* L.) betegség ellenállósága számos tényező függvénye, egyik meghatározó eleme a környezeti tényezők hatása. Az atmoszféra CO₂-koncentrációja az ipari forradalom kezdete óta több mint 100 ppm-mel (kb. 30%-kal) emelkedett, és további növekedésének üteme az újabb prognózisok szerint még az eddigi mértéket is meghaladja. A légköri CO₂-koncentráció emelkedése leginkább a növények anyagcsere folyamatainak, fejlődésének szabályozásán keresztül befolyásolhatja a kórokozókkal szembeni rezisztenciát. A fotoszintézis hatékonyabbá válása, a vízhasznosító képesség javulása, és az ennek következtében csökkenő sztómanyitottság, közvetve és közvetlenül is hathatnak a fertőzés kialakulására (Holb 2008). A megnövekedő biomassza tömeg párasabb mikroklímát hozhat létre, ezzel elősegítve a humidabb feltételeket kedvelő mikroorganizmusok elszaporodását (Eastburn és mtsai. 2011). A nagyobb földfelszín alatti növényi anyag mennyiség ugyanakkor megnöveli a talajban a növénymaradványok tömegét is, amely kedvező hatással lehet az áttelelő kórokozók és állati kártevők túlélési esélyeire.

A növények nagyobb szénbeépülésének következtében megváltozhat a C:N aránya növényi szövetekben, ami alacsonyabb nitrogéntartalommal járhat együtt, ez befolyásolhatja az egyes növényi kórokozók által okozott károk mértékét, a szénhidrát és cukorkedvelő gombafajok (pl. rozsdafajok, lisztharmat) nagyobb mértékű megjelenése várható (Manning és Tiedemann 1995, McElrone és mtsai. 2005). Árpán lisztharmattal végzett kísérletekben igazolták, hogy annak ellenére, hogy a levél felületen csírázó konídiumok aránya normál és kétszeres CO₂-szinten is azonos volt, a telepet képző konídiumok száma lényegesen lecsökkent magas CO₂-szinten (Hibberd és mtsai. 1996ab). Azonban, ha a kórokozó mégis sikeresen tudott telepet képezni, a fertőzés rohamosabban terjedt tovább magas CO₂-szinten, a gazdanövények szénhidrát akkumulációjának mértékével megegyezően. A részleges sztómazáródás csökkentheti a gázcsere nyíláson keresztül behatoló és légmozgással beáramló kórokozók bejutásának esélyét (Royle és Thomas 1971, Ramos és Volin 1987).

Korábbi kutatások bakteriális, vírus- és gomba eredetű patogének nagyobb szaporodóképességét mutatták ki legtöbb esetben magasabb CO₂ koncentráció hatására (Chakraborty és Datta 2003), azonban a legutóbbi eredmények nem mindig támasztották alá ezt (Eastburn és mtsai. 2011, Pangga és mtsai. 2011).

Kísérletünk célja az volt, hogy az emelt légköri CO₂-szint hatását a kevésbé vizsgált gabona betegségekre komplex módon tanulmányozzuk, kontrollált körülmények között vizsgáljuk eltérő fogékonyságú őszi búzafajták levélrozsda, szárrozsda és lisztharmat kórokozókval szembeni ellenálló képességére.

Anyagok és módszerek

A légköri CO₂-koncentráció változásának a betegség ellenállóságra gyakorolt hatását az Mv Regiment, Mv Mambó, és Mv Emma, illetve Alcedo őszi búzafajtákon teszteltük fitotronban. A levélrozsda fiatalkori tesztelésénél 6, a többi vizsgálatban 8 ismétlést (cserépszám fajtánként és kezelésként) alkalmaztunk. Az előbbi esetben 20 szemet vetettünk a kb. 0,5 l űrtartalmú cserepekbe, míg a többi vizsgálatnál 3 l-es cserepekbe négyesével ültettük a vernalizált növényeket. A kísérletet PGV-36 növénynevelő kamrákban, 390 ppm (normál, NC), illetve 750 ppm CO₂-szinten (EC) végeztük, a növényeket naponta öntöztük, illetve hetente tápoldatoztuk (3-3 dl 0,33 g l⁻¹ Volldünger Linz Classic tápoldatcserép⁻¹). A növénynevelés során hőmérséklet, páratartalom és fényintenzitás a T2-Ny2 klímaprogram szerint változott (Tischner és mtsai. 1997). A mesterséges rozsdafertőzéseket megelőzően a kezelendő állományt három alkalommal elemi kén permetezésével védtük a lisztharmattól. A növények fertőzését a következők szerint végeztük:

Levélrozsda (*Puccinia triticina*): kalászolás kezdetekor a nedvesített zászlóslevelek alsó és felső felületét ecsettel kentük le 1,8 millió spóra*ml⁻¹ koncentrációjú levélrozsda uredospóra szuszpenzióval. Fiatalkori rezisztencia vizsgálatát egyleveles állapotban a kalászoláskori fertőzéshez hasonlóan végeztük az Mv Regiment és az Alcedo fajtákon.

Szárrozsda (*Puccinia graminis*): kalászoláskor a nedvesített zászlóslevelek alsó és felső felületét ecset segítségével fertőztük 900 000 spóra*ml⁻¹ koncentrációjú szárrozsda uredospóra szuszpenzióval.

Fertőzés után valamennyi kórokozó esetében 72 órán keresztül polietilén zacskóval lefedtük a növényeket a megfelelő fertőzési körülmények kialakítása érdekében. A tünetek megjelenésétől éresig hetente értékeltük a betegségek levélfelület borítottságát. Lisztharmatnál (*Blumeria graminis*) a vegyszeresen (elemi kénnel) nem védett növényekena fertőzés spontán megjelenését követően 0-9 skála szerint (Saari és Prescott 1975 cit., Stubbs és mtsai. 1986) követtük nyomon a fertőzés mértékét. Az eredmények kiértékelését Mann-Whitney teszttel végeztük (SPSS 16.0).

Eredmények

Kétszeres CO₂-szinten a lisztharmat mindkét vizsgálati időpont adatai alapján súlyosabban fertőzte az erre a betegségre fogékony fajtákat (Mv Mambó, Mv Emma), mint normál koncentráción. A lisztharmatra rezisztens Mv Regiment fajta azonban a magas CO₂-koncentráción is tünetmentes, azaz ellenálló maradt (1. táblázat).

1. táblázat. Az emelt légköri CO₂-koncentráció (EC) hatása a lisztharmat fertőződésre (0-9 skálán) (**: p<0,01; ***: p<0,001 szinten szignifikáns a normál CO₂-szinthez viszonyítva)

fajta	Lisztharmat	
	4. hét	6. hét
Mv Regiment NC	0.00	0.00
Mv Regiment EC	0.00	0.00
Mv Mambó NC	0.92	2.03
Mv Mambó EC	2.48 ***	2.70 **
Mv Emma NC	0.41	0.73
Mv Emma EC	3.11 ***	3.00 ***

A levélrozsda fertőzésnél az emelt CO₂-szinten a tünetek szintén erősebbek voltak és a betegség gyorsabb továbbterjedését tapasztaltuk a fogékony Mv Regiment fajtánál (2. táblázat). Az Mv Emma normál CO₂-szinten a jelen feltételek között nem mutatott fertőzést, míg emelt CO₂-koncentráción enyhén fertőződött. A rozsdára rezisztens Mv Mambó azonban emelt CO₂-szinten sem mutatott fertőzési tüneteket.

Bár a kétszeres CO₂-szinten nevelt növényeknél felnőtt korban nagyobb fogékonyságot figyeltünk meg, a fiatalkori fertőzésnél ezzel szemben fajtától függő reakciót kaptunk; az igen fogékony Alcedo kisebb mértékben fertőződött, míg a Mv Regiment kissé fogékonyabbá vált kétszeres CO₂-szinten (2. táblázat).

2. táblázat. Az emelt légköri CO₂-koncentráció hatása a levélrozsda borítottságra
¹: levélzet felület borítottság (%) ²: pusztulák átlagos száma a zászlóslevélen
 (†: p<0,1; **:p<0,01; ***: p<0,001 szinten szignifikáns a normál CO₂-szinthez viszonyítva)

fajta	Fiatalkori levélrozsda ¹		Felnőttkori levélrozsda ²	
	14.nap	7.nap	14.nap	21.nap
Alcedo NC	21.67	-	-	-
Alcedo EC	5.17 ***	-	-	-
Mv Regiment NC	1.83	0.03	1.66	15.69
Mv Regiment EC	3.17 +	0.65 **	9.65 ***	35.96 ***
Mv Mambó NC	-	0	0	0
Mv Mambó EC	-	0	0	0
Mv Emma NC	-	0	0	0
Mv Emma EC	-	1 ***	3.5 ***	6.7 ***

A szárrozsda kórokozóval szemben kétszeres CO₂-szinten még fogékonyabb volt a fogékony Mv Emma fajta, míg a mérsékelten fogékony Mv Regimentnél ezen a koncentráción a betegség tünetek kialakulása enyhén mérséklődött.

3. táblázat. Az emelt légköri CO₂-koncentráció (EC) hatása a búzafajták szárrozsda fertőzésére (pusztulák átlagos száma a zászlóslevélen)

(†: p<0,1; ***: p<0,001 szinten szignifikáns a normál CO₂-szinthez viszonyítva)

fajta	Szárrozsda	
	7.nap	14.nap
Mv Regiment NC	0.88	2.19
Mv Regiment EC	0.29 +	1.87
Mv Mambó NC	0	0
Mv Mambó EC	0	0
Mv Emma NC	4.31	6.31
Mv Emma EC	92.81 ***	138.00 ***

Következtetések

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a vizsgált gombás eredetű levélbetegségek esetében a kétszeres CO₂-szint általában kedvez a megbetegedések kialakulásának, a búza fogékonyságát általában tovább növelte, az ellenálló genotípusoknál azonban nem befolyásolta a rezisztencia mértékét.

Ezek az eredmények azt bizonyítják, hogy a rezisztencia javítására irányuló nemesítés továbbra is hatékony eszköze maradhat a betegségek okozta gazdasági károk megelőzésének még a jövőbeli magasabb CO₂-koncentrációk mellett is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat az TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 és az OTKA K-105949 számú projektek támogatták.

Irodalom

- Chakraborty, S., Datta, S. (2003) How will plant pathogens adapt to host plant resistance at elevated CO₂ under a changing climate? *New Phytol.* 159:733-742.
- Eastburn, D.M., McElrone, A.J., Bilgin, D.D. (2011) Influence of atmospheric and climatic change on plant-pathogen interactions. *Plant Pathol.* 60: 54-69.
- Hibberd, J.M., Whitbread, R., Farrar, J.F. (1996a) Effect of elevated concentrations of CO₂ on infection of barley by *Erysiphegraminis*. *Phys. Mol. Plant Pathol.* 48: 37-53.
- Hibberd, J.M., Whitbread, R., Farrar, J.F. 1996b. Effect of 700 µmol per mol CO₂ and infection of powdery mildew on the growth and partitioning of barley. *New Phytol.* 134: 309-345.
- Holb, I. (2008) A légköri CO₂ és ózonkoncentráció, az UV sugárzás és a globális hőmérséklet-változás valószínűsíthető hatásai a növényi kórokozókra. „*KLÍMA-21*” *füzetek* 53:99-114.
- Manning, W.J., von Tiedemann, A. (1995) Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO₂), ozone (O₃), and ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. *Environ. Poll.* 8: 219-245.
- McElrone, A.J., Reid, C.D., Hoyer, K.A., Hart, E., Jackson, R.B. (2005) Elevated CO₂ reduces disease incidence and severity of a red maple fungal pathogen via changes in host physiology and leaf chemistry. *Glob. Change Biol.* 11: 1828-1836.
- Pangga, I.B., Hannan, J., Chakraborty, S. (2011) Pathogen dynamics in a crop canopy and their evolution under changing climate. *Plant Pathol.* 60: 70-81.
- Peterson, R.F., Campbell, A.B., Hannah, A.E. (1948) A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. *Can. J. Res.* 26: 496-500.
- Ramos, L.J., Violin, R.B. (1987) Role of stomatal opening and frequency on infection of *Lycopersicon spp.* by *Xanthomonas campestris pv. versicatoria*. *Phytopathol.* 77: 1311-1317.
- Royle, D.J., Thomas, G.G. 1971. The influence of stomatal opening on the infection of hop leaves by *Pseudoperonospora humuli*. Observations with the scanning electron microscope on the early stages of hop leaf infection by *Pseudoperonospora humuli*. *Phys. Plant Pathol.* 33: 329-343.
- Saari, E.E., Prescott, J.M. (1975) A scale for appraising the foliar intensity of wheat disease. *Plant Dis. Rep.* 59: 377-380.
- Stubbs, R.W., Prescott, J.M., Saari, E.E., Dubin, H.J. (1986) Cereal Disease Methodology Manual. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Mexico, pp. 46.
- Tischner, T., Kőszegi, B., Veisz, O. 1997. Climatic programmes used in the Martonvásár Phytotron most frequently in recent years. *Acta Agron. Hun.* 45: 85-104.

SERTÉSTARTÁS ALAKULÁSA HAZÁNKBAN KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A KESZTHELYI TÉRSÉGRE

BENEDEK ZSUZSANNA¹, HEGEDŰSNÉ DR. BARANYAI NÓRA², DR. POÓR JUDIT²,
FITOS GÁBOR³, DR. POLGÁR J. PÉTER¹

Pannon Egyetem Georgikon Kar

¹*Állattudományi és Állattenyésztési Tanszék*

²*Gazdaságmódszertani Tanszék*

³*Vállalatökonómiai és Vidékfejlesztési Tanszék*

8360, Keszthely deák Ferenc u. 16.

benedek.zsuzsanna@georgikon.hu

Bevezetés

A mezőgazdasági folyamatok megismerése, a múltbéli összetevők feltárása szükséges a jövőbeli kilátásaink feltérképezéséhez. A vizsgálatok során két cél kitűzésére került sor. Elsősorban az 1960-as évektől kezdve a hazai sertésállomány idősorában a tendencia és a hosszú távú ciklikusság feltárása, a jövőre vonatkozó prognózisok megfogalmazása, valamint az egyéni gazdaságokban és a gazdasági szervezetekben a 2000-es évektől kezdve a sertés- és a kocaállomány alakulásának bemutatása. Másodsorban egy olyan terület lehatárolása (Keszthely és térsége), ahol feltárássra kerül a múltbéli és jelenlegi sertéstartási potenciál.

Anyagok és módszerek

Számításainkhoz adatbázisul a KSH éves adatgyűjtései szolgáltak, valamint az ÁMÖ 2000-es és 2010-es - a körzetet érintő - településszintű adatai.

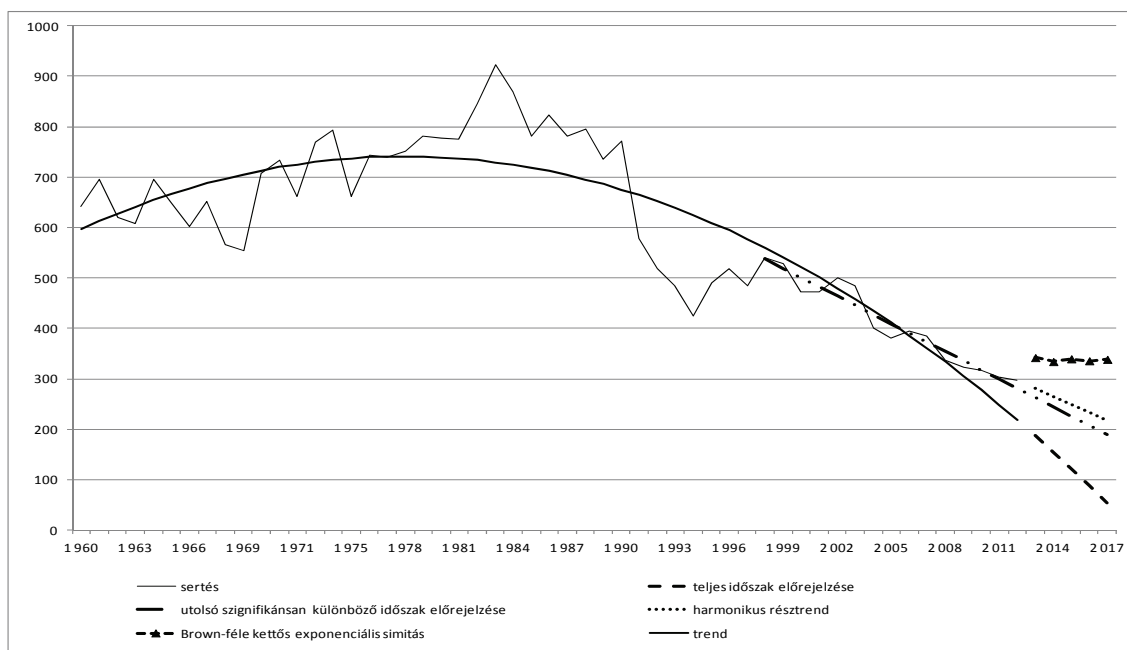
Az elemzés során az előrejelzési módszerek kiválasztását az a szempont határozta meg, hogy egyetlen egy előrejelzési eljárás sem hozhat biztos eredményt, célszerű minél több módszer egyidejű használata a pontosabb prognózis érdekében (*Bessenyei és Kovács, 1992*). Az előrejelzések ezért a teljes időszak trendfüggvénye-, az utolsó szignifikánsan eltérő időszak trendfüggvénye-, a harmonikus súlyozású résztrendek-, valamint a Brown-féle kettős exponenciális simítás modellje alapján készültek. A hosszú távú ciklushatás kimutatása a többi komponens (trend, véletlen) hatásától megtisztított, majd 9 tagú mozgó átlagolással kisimított időszori adatok ábrázolásával vált lehetővé, *Sipos (1986)* ajánlása alapján.

Az elemzés során a változás számszerűsítéséhez dinamikus viszonyszámot, a szerkezet vizsgálatához megoszlási viszonyszámot és koncentrációs mutatószámokat (CR, HHI), a térség sajátosságainak, sertéstartási szokásainak jellemzésére pedig színvonalmutatókat alkalmaztunk.

Elemzés és értékelés

A vizsgált időszak kezdetén a sertésállomány növekedését egyrészt a genetikai előrehaladás (a teljesítménymutatók - a született malacsám, takarmányértékesítő képesség, növekedési erély - javulása), másrészt a Magyarországon termelt kiváló minőségű takarmánygabonák, a külföldről importált fehérjetakarmányok, harmadrészt a kelet-európai piacokon jelentkező kereslet, valamint a sertéshús-fogyasztás népszerűsége segítette elő. Ennek hatására a 80-as évek közepére a sertéslétszám már a 10 milliót is meghaladta (*I. ábra*). Javult az állomány állategészségügyi helyzete is, ami megkönnyítette az exportot. A rendszerváltást követően a piac beszűkülésével csökkentek a vágósertés kiviteli lehetőségei, az áremelkedések pedig a hazai fogyasztásra gyakoroltak negatív hatást. A fogyasztás csökkenését eredményezte továbbá, hogy marketing eszközökkel a sertéshúst – összességében megalapozatlanul - egészségtelennek állították be. Az aszályos időjárás miatt a 90-es évek közepén jelentős mértékben emelkedtek a takarmányárak, ami tovább csökkentette a

sertéstartási kedvet. Az állatállomány száma 2004-ben már alig haladta meg a 4 millió darabot, 2013-ban pedig már 3 millió alatt van. Az állatállomány teljes idősorának szakaszolását követően a prognózisok alapján megállapításra került, hogy az elkövetkezendő öt évben a sertésszám csökkenni fog, ha az eddigi tendenciák folytatódnak. Korábbi vizsgálatainkból kitűnik, hogy hosszú távú ciklikus hullámváz jellemzi a sertésállományt (Hegedűsné 2007). Jelenleg az állatállomány ciklusára a konjunktúra a jellemző, ami a sertésállomány csökkenő tendenciáját mérsékelheti.



1. ábra. Az ezer főre jutó sertésállomány (decemberi sertésállomány) alakulása (1960 – 2012), és 2017-ig történő előrejelzése (db/1000 fő)

Forrás: KSH adatok alapján saját számítás

Nagymértékű átrendeződés következett be a gazdaságtípusok között az állományt tekintve. Az 50-es években a sertéstartás a kisgazdaságokban dominált, majd a 70-es évektől a 2000-es évek elejéig a kistermelés a sertésállománynak a felét állította elő. Az általunk vizsgált időszakban (2000-2012) az egyéni gazdálkodók szerepe folyamatosan tovább csökkent. Jelenleg az állomány 73,0%-a a gazdasági szervezetekből kerül értékesítésre. Az egyéni gazdaságokban az elmúlt 10 évben 66,1%-kal csökkent a sertésállomány, a gazdasági szervezeteknél csak 13,0%-kal. Ennek köszönhetően az egyéni gazdaságok korábbi 48,6%-os részesedése 27,0%-ra apadt a teljes állományt tekintve.

Az ágazatot jelenleg sújtó legfontosabb problémák között kell megemlíteni a termelők alacsony jövedelmezőségét, a feketegazdaság jelenlétét, az áfa-kérdést, az integráció elégtelenségét, a gazdaságtípusok közötti átrendeződést, az árképzést, a marketinget, a fogyasztói igények átrendeződését, a humánerő-gazdálkodást, a trágyakezelést, a technológiát, az állategészségügyet, valamint a takarmányozást (Bartha 2012, Benedek és mtsai. 2012).

Ágazati szakemberek szerint a negatív tendencia visszafordítása az alábbi célok megvalósításával vihető véghez: az élelmiszer-biztonság követelményeit magas szinten kielégítő minőségű magyar sertéshús előállítás a magyar húsipar és a piaci felhasználók részére; a feketegazdaság visszaszorítása; a versenyképesség fokozása, a kiszámíthatóság megteremtése.

Véleményünk szerint termelési oldalról az állománybővítésnek egyik módja lehet a kistermelői sertéstartás fokozása hatékony integrációs keretek között, hiszen kisüzemi és

háztáji szinten a sertések tartására alkalmas férőhely, és a munkaerő is adott. A takarmány beszerzése, illetve saját termelésből való biztosítása megoldható. A kocaállomány, illetve a hizó sertés-alapanyag nagyüzemekből való kihelyezéssel biztosítható. (Benedek és mtsai. 2012). A kistermelői sertéstartás fellendítésének jelentősége pedig nem csak abban rejlik, hogy hozzájárul a sertéslétszám növeléséhez, hanem bővítheti a vidéki foglalkoztatást, összhangban a KAP 2014-2020-as vidékfejlesztési prioritásaival. A továbbiakban részletesen elemezzük Keszthely 40 kilométeres - a kistermelői termék előállítás és értékesítés határait jelentő - körzetére vonatkozó adatokat, információkat.

Keszthely három megye határán helyezkedik el (Zala-Somogy-Veszprém), 40 km-es körzete érinti Vas megye dél-keleti részét. A lehatárolt terület 290 települést foglal magában, lakónépessége a 2010. év végi adatok alapján 360 078 fő volt (a hazai lakosság 3,6%-a). A térségre elaprózott településstruktúra jellemző, viszonylag kis lélekszámú településekkel. A keszthelyi térséget 2010-ben 71,5 fő/km²-es népsűrűség jellemezte. Települései 95,5%-ánál volt 120 fő/km² alatti a népsűrűség, mely a lakosság több mint felét tömörítette. A térség gazdaságának helyzetét, munkaerőpiacát jól jellemzi a munkanélküliségi ráta, mely a vizsgált térségben az országos átlagnál jóval kedvezőtlenebb munkaerő-piaci helyzetet mutat.

1. táblázat: A sertésállomány alakulása

Sertésállomány	Keszthely körzet		Országos	
	2010.	állomány a 2000-es év %-ában (2000. év = 100%)	2010.	állomány a 2000-es év %-ában (2000. év = 100%)
Egyéni gazdaságok	27 511	37,0	976 753	38,8
ebből anyakoca	1 456	30,2	65 502	36,8
Gazdasági szervezet	32 507	52,5	2 231 161	88,4
ebből anyakoca	1 947	31,5	162 503	65,7
Összesen	60 018	44,0	3 207 914	63,6
ebből anyakoca	3 403	30,9	228 005	53,6

Forrás: KSH, Területi statisztika adatai alapján saját számítás

Hazánkban 2010-ben 2000-hez képest a sertésállomány 26,4%-kal csökkent (1. táblázat). Ezzel szemben jóval jelentősebb, 56,0%-os állományfogyásról beszélhetünk a keszthelyi körzetben. Az anyakoca-állomány, amely a szaporítási potenciált hivatott mutatni, hasonló helyzetet tár elénk. Országos viszonylatban a kocaállomány 36,4%-kal csökkent, Keszthely környékén a csökkenés közel 70%-os volt. Elgondolkodtató az a tény, hogy a keszthelyi körzetben a kocaállomány csökkenése 14% ponttal meghaladta az sertésállományét, aminek két oka lehet. Egyik a genetikai előrehaladás, vagyis a kocák szaporasági mutatóinak javulása. Másik ok, ha a hizóalapanyagot a körzetben nem saját tenyésztésből biztosítják, hanem vásárolják, vagyis a körzet sertéstartásában a hizlalás dominál helyi kocatartás és malacnevelés nélkül. A keszthelyi körzet kocaállományának nagyobb arányú csökkenésének okait pontosítani a helyi tenyésztési adatok ismeretében lenne lehetséges. Jelen tanulmány ennek vizsgálatára nem terjed ki.

Az egy tartóra jutó sertés- és kocaállomány 2010-ben a keszthelyi körzetben elmarad az országos átlagtól, a népességszámra vetített sertésállomány a vizsgált területen 48%-kal kevesebb, mint az országos adat. A tenyésztés esetében sertéstartáshoz hasonló kép mutatkozik. A keszthelyi körzetben az ezer lakosra jutó anyakoca állomány közel 60%-kal marad el az országos mutatótól. A vizsgált térségben 2000-hez képest 2010-ben jelentősen, 121,2%-kal megemelkedett azon települések száma, ahol nincs kocatartás, azaz csak hizlalás van, tenyésztés nincs.

Az elemzésünk kitért az egyéni gazdaságok, és gazdasági szervezetek szerepének vizsgálatára a sertéstartásban, ennek eredményét is az *1. táblázatban* foglaltuk össze.

Az egyéni gazdaságok esetében a keszthelyi körzetben 63,0%-os állománycsökkenésről beszélhetünk, mindeközben a gazdasági szervezeteknél közel felére esett vissza az állomány. Ez összességében 56,0%-os állománycsökkenést eredményezett. Ebből következően még mindig viszonylag meghatározó az egyéni gazdaságok állományának részesedése az összállományból. Az egyéni gazdaságok aránya a korábbi a 2000-es 54,6%-ról 2010-re 45,8%-ra mérséklődött, amely még így is jelentősen magasabb az országos adathoz képest. Mind az egyéni gazdaságoknál, mind a gazdasági szervezeteknél hasonló mértékben, közel 70%-kal csökkent az anyakoca-állomány, tehát az egyéni gazdaságok tartják változatlanul az anyakocák körülbelül 43%-át, de látható, hogy összességében a hízóalapanyag egyre kevésbé biztosított saját szaporulatból ebben a körzetben.

Következtetések, javaslatok

A kormányzat bevezetésben vázolt sertésstratégiájának megvalósításához - ami tömören az állomány közel duplájára bővítését célozza - megállapítható, hogy a keszthelyi körzetben az alapok 10 évvel ezelőtt még bőségesen rendelkezésre álltak, hiszen 10 év távlatában 50%-osnál jóval magasabb, még az országos mutatókat is meghaladó a visszaesés.

A vizsgált térségben mind a gazdasági szervezetek, mind pedig az egyéni gazdaságok fellendítésére szükség lehet. A sertéstartási tevékenységüket utóbbi 10 évben beszüntető gazdasági társaságok nagyobb állománylétszámú gazdálkodásának újraindításához a forrásokat megtalálni nem könnyű feladat. Ugyanakkor az egyéni gazdaságok fellendítése a kisüzemi gazdálkodás keretei között potenciális állománynövelési lehetőséget nyújt, hiszen azok, akik 10 éven belül hagytak fel a sertéstartással, még visszavezethetők az ágazatba, ha igyekszünk számukra kedvezőbb piaci környezetet teremteni (integráció, vidékfejlesztési támogatások). Abban az esetben, ha a 10 évvel ezelőtti kisüzemi sertéstartási volumen sikerülne visszaállítani, akkor csupán a keszthelyi 40 km sugarú körzetben közel 74 ezerrel (74354db) nőhetne a sertéslétszám, ezen belül közel 5 ezerrel (4821 db) több koca tartása valósulhatna meg.

A Pannon Egyetem Georgikon Karán, a Pannon Háztáji Sertés Program (PHSP) kidolgozása során végzett számításaink alapján, az integrációs rendszeren belül 4 koca tartása és szaporulatának nagy vágósúlyban (kb. 170 kg) történő értékesítése 1 fő 8 órás munkabérét képes biztosítani. Ebből következően, a kisüzemi és háztáji sertéstartás ilyen mértékű növelésével több, mint ezer fő (1205 fő) alkalmazása valósulhatna meg önfoglalkoztatás keretei között, a vidékfejlesztés irányelveivel összhangban Keszthely 40 km-es kistermelői értékesítési körén belül.

Irodalom

- Bartha, A. (2012).: A sertésvertikum stratégiai elemzése; PhD értekezés, Debrecen
- Bessenyei, L., Kovács, K. (1992): *Üzleti prognosztika*. Budapesti Közgazdasági Egyetem, Budapest 5-7 p.
- Benedek, Zs., Rajnai, Cs., Kovács, J. (2012) Kistermelői sertéstartás; LIV. Georgikon Napok, Keszthely, Programfüzet (ISBN 978-963-9639-47-8), 60-66
- Hegedűsné Baranyai Nóra (2007) A főbb szántóföldi növények termelése és az állatállomány alakulásának kilátásai *Gazdálkodás* 51:13-23.
- Sipos, B. (1986): A Kondratyev-ciklus empirikus vizsgálata és prognosztizálása. *Statistikai Szemle* 12. sz. 1215 p.

NÖVÉNYI VÍZFELVÉTEL FENOFÁZISOS VÁLTOZÁSÁNAK MONITOROZÁSA GYÖKÉRKAPACITÁS-MÉRÉSSSEL

CSERESNYÉS IMRE, TAKÁCS TÜNDE, FÜZY ANNA, RAJKAI KÁLMÁN

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet
1022 Budapest, Herman Ottó u. 15.
cseresnyes.imre@rissac.hu

Az elektromos gyökérkapacitás (EC) mérés alkalmasságát teszteltük a gyökér vízfelvételi aktivitásának monitorozása szempontjából. Klímaszobában nevelt, arbuszkuláris mikorrhiza gombával (AMF) oltott, valamint kontroll (oltatlan) uborka és bab növények transzspirációját követtük nyomon az EC ismételt mérése mellett. Megállapítottuk, hogy mind a transzspiráció (vízfelvétel), mind az EC a virágzás kezdetén éri el maximumát, majd a termésérés során csökken. A mikorrhizás növények transzspirációja és gyökérkapacitása az AMF kolonizációt követően néhány nap alatt szignifikánsan nagyobbá vált a kontroll növényekénél, és a relatív növekedés a nagyobb mikorrhiza-függésű babnál jelentősebb mértékű volt. Hasonló változásokat tapasztaltunk a biomassza-termelésben is. Megállapítottuk, hogy az EC-mérés alkalmas eljárás a gyökéraktivitás változásainak egyszerű, nem destruktív (*in situ*) monitorozására, valamint az AMF kolonizáció hatásának kimutatására.

Bevezetés

A növényi gyökérrendszer elektromos kapacitásmérésének első alkalmazása *Chloupek* (1972) nevéhez fűződik, aki felismerte a növény–talaj rendszerben mérhető elektromos kapacitás (EC) szignifikáns összefüggését a gyökértömeeggel, illetve a gyökérfelülettel. A megfigyelések biofizikai alapját *Dalton* (1995) konceptuális modellje írja le, mely módosításokkal ma is elfogadott (*Ellis és mtsai. 2013*). A módszer előnye, hogy a növény károsítása nélkül, *in situ* szolgáltat információt a gyökér méretéről és aktivitásáról.

A gyökérrendszer és a talaj (talajoldat) között váltakozó áram kizárólag az elektromosan is vezető, víz- és ionabszorpciós zónákon át folyhat, a gyökér permeabilitásával arányos mértékben, míg a nem-abszorptív felszínnek (pl. szuberinizálódott régiók) a vezetésből kizáródnak (*Čermák és mtsai. 2006*). A gyökér konduktivitása és permeabilitása megbízhatóan jelzi az abszorptív gyökérfelület nagyságát és a gyökérrendszer víz- és ionfelvételi aktivitását (*Aston és Lawlor 1979, Aubrecht és mtsai. 2006*), így feltételeztük, hogy a növényi vízfelvétel mértéke és fenofázisos változása gyökérkapacitás-méréssel monitorozható. Mivel az arbuszkuláris mikorrhiza (AM) gombák kolonizációja sok esetben jelentősen befolyásolja a gyökér morfológiáját, konduktivitását és vízfelvételi kapacitását, illetve ennek következtében a gyökérrendszerben mérhető elektromos jellemzőket is (*Augé 2001, Cseresnyés és mtsai. 2013*), kísérleteinket AM-gombával oltott, valamint nem mikorrhizás (kontroll) növényekkel is elvégeztük.

Anyagok és módszerek

A kísérletben uborka (*Cucumis sativus* L. cv. 'Perez-F1') és bokorbab (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Goldrush') csiranövényeket ültettünk 1,25 l-es, steril pumicittal (horzsakőtufa) töltött edényekbe (1. nap). Az összesen 60 db uborka (U) és bab (B) felét *Glomus mosseae* AM-gombatorzs inokulumával oltottuk [U(+) és B(+)] a kontrollként hagyott növények [U(-) és B(-)] mellett. A növényeket – random elhelyezéssel – klímaszobában neveltük, 26/18 °C és 16/8 óra hőmérsékleti és fotoperiodizmus alkalmazásával. A tenyészedenyeket naponta mérlegre helyezve meghatároztuk az evapotranszspirációs tömegvesztésüket (± 1 g), majd a közeget szabadföldi vízkapacitásig (0,26

cm³/cm³) öntöztük. A tápanyag-ellátást P-szegény Hoagland-oldattal biztosítottuk. A pumicit evaporációját növények nélküli edények mérésével és öntözésével határoztuk meg, majd ezek alapján számítottuk ki a növényi transzspirációt. Összehasonlító vizsgálatainkban a növényi biomassza növekedését figyelmen kívül hagyva (Yang és mtsai. 1990), a napi transzspirációt a napi vízfelvétellel tekintettük egyenlőnek (Lai és Katul 2000).

A gyökérkapacitást a növények vegetatív fázisától (15. nap) a termésérésig hetente mértük GW-8101G típusú LCR-mérőhíddal, 1000 Hz frekvencián, 1 V kapocsfeszültséggel, a termőközegbe szúrt talajelektrod és a növény tövére csíptetett növényelektrod alkalmazásával. Az utolsó mérést (uborka: 64. nap; bab: 50. nap) követően a hajtásokat levágtuk, a gyökereket a közegből kimostuk, majd szárítás (70 °C; 72 óra) után a gyökerek és hajtások tömegét meghatároztuk. Szárítás előtt elkülönített, anilinkékkel festett gyökérminták mikroszkópos vizsgálatával becsültük az AM-gomba kolonizációs gyakoriságát (*F*%) és intenzitását (*M*%) (Trouvelot és mtsai. 1986). Az AMF oltott U(+) és B(+) növényekből több példányt nevelve, azokból néhányat rendszeresen bontva, majd gyökereket hasonló módon vizsgálva meghatároztuk az AMF kolonizáció időbeli változását is.

A mikorrhiza-kolonizációra vonatkozó statisztikai elemzéseket páratlan t-próbával, illetve a szórások szignifikáns különbségei (F-próba) esetén nemparaméteres Welch-tesztel végeztük.

Eredmények és következtetések

Mindkét vizsgált kultúrnövény napi transzspirációja folyamatos növekedést mutatott a vegetatív fázis során, majd csúcspontját a virágzáskor elérve a terméséréssel csökkent (*I/A ábra*). A legnagyobb értékeket a 35–39. nap (U), valamint a 31–35. nap (B) között mértük, mely jól megfeleltethető a virágzás 38. (U) illetve 33. (B) napra eső kezdetének (a növények 50%-ának virágzása). Az uborka transzspirációja, azaz vízfelvételi aktivitása, fenofázistól függően kettő–négyyszeresen meghaladta a babra jellemző értéket. Az AM-gomba kolonizációja számottevő különbségeket eredményezett a vízfelvételben: hozzávetőleg a 22–25. naptól kezdve a mikorrhizás U(+) és B(+) növények transzspirációja nagyobbá vált, mint a kontroll U(–) és B(–) csoportoké, és a különbség az egyedfejlődés végéig fennmaradt.

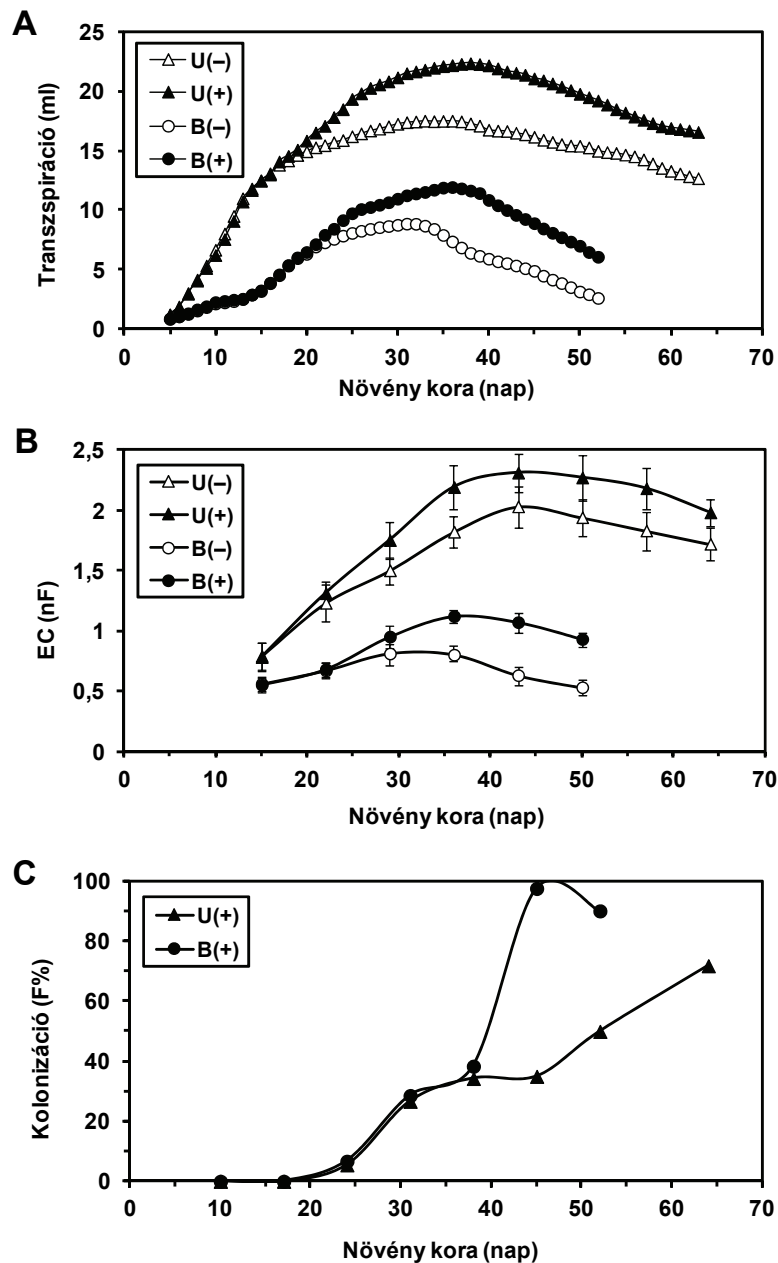
A gyökérkapacitások (EC) időbeli változása jól követte a transzspirációban tapasztalt trendeket és különbségeket (*I/B ábra*). A legnagyobb EC-értékeket – az AM-kolonizációtól függetlenül – a 43. (U), illetve 36. (B) napon mértük. Az uborka gyökérkapacitása általában másfél–háromszorosan haladta meg a babét. A mért kapacitásokat az AMF kolonizáció is befolyásolta: a 29. napon az oltott növények EC-értéke már szignifikánsan ($p < 0,01$) nagyobb volt, mint a kontroll csoportoké.

Az arbuskuláris mikorrhiza hatása a biomassza-produkcióban is megmutatkozott. Az oltott növények hajtásának száraztömege 29%-kal (U), illetve 69%-kal (B) volt magasabb ($p < 0,01$), mint a kontrolloké [U(–): 3,16 g; U(+): 4,07 g; B(–): 1,72 g; B(+): 2,91 g]. A gyökértömegek közötti különbség csak a bab esetén volt szignifikáns, itt a kolonizáció 37%-os gyökértömeg-növekedést eredményezett [B(–): 0,70 g; B(+): 0,96 g], míg az uborkánál nem tapasztaltunk szignifikáns változást [U(–): 0,51 g; U(+): 0,54 g].

A mikroszkópos vizsgálatok kimutatták, hogy az AMF-inokulással kezelt növényeknél a kolonizáció a 18–23 nap között indul meg, majd folyamatos emelkedést követően a termésérésig uborka esetén $F = 71,9\%$ és $M = 50,9\%$, babnál pedig $F = 90,2\%$ és $M = 47,6\%$ gyakoriságot és intenzitást ér el (*I/C ábra*).

A gyökér vízfelvételi aktivitásának, illetve a növény transzspirációjának fenofázistól függő – általunk is tapasztalt – változásait korábbi vizsgálatok is megerősítik. Számos haszonnövényenél (pl. búza, cirok, kukorica, napraforgó, szójabab, uborka) tapasztalták, hogy e folyamatok a fiziológiailag leginkább aktív fenofázisok, azaz a vegetatív fázis vége és a generatív fázis kezdete során a legintenzívebbek, majd a terméséréssel aktivitásuk folyamatosan csökken (Fu és mtsai. 2002, Novák és Vidovič 2003). Az öregedéssel mind a felszívó gyökérrégiók aránya és felvételi aktivitása, mind pedig az egységnyi levélfelületre eső transzspiráció mérséklődik (Yang és mtsai. 1990, Gao és mtsai. 1998, Medrano és mtsai.

2005). A kísérleteinkben alkalmazott *Glomus mosseae* gombatörzs 18–23. nap között megfigyelt kolonizációja néhány napon belül az infektált növénycsoportok vízfelvételi aktivitásának és a gyökérrendszer EC-értékének növekedéséhez vezetett, hasonlóan az AMF-kolonizáció fiziológiai hatásainak vizsgálata során szerzett korábbi tapasztalatokhoz (Augé 2001, 2004; Cseresnyés és mtsai. 2013). A pillangósvirágúakra általánosan jellemző nagyobb mikorrhiza-függést (Muleta 2010) az EC, valamint a biomassa gombakolonizáció hatására bekövetkező nagyobb relatív növekedése is mutatja: a bab gyökérkapacitása az utolsó mérés szerint 75%-kal, míg az uborkaké mindössze 15%-kal növekedett a kontrollcsoportéhoz képest.



1. ábra. (A) A napi transzspiráció (ötnapos mozgóátlag), (B) a gyökér elektromos kapacitása (EC) és a (C) mikorrhiza-kolonizáció gyakorisága ($F\%$) a növény korának függvényében az oltott (+), valamint a kontroll (-) uborka (U) és bab (B) növényeknél.

Eredményeink igazolják, hogy a gyökérkapacitás mérése – megfelelő kísérleti körülmények között – alkalmas eljárás a növényi vízfelvétel nagyságának *in situ* monitorozására. Kizárólag az EC-értékek ismeretében ugyan még megfelelő kalibrációk alkalmazásával is csak körülményesen számítható ki a vízfelvétel tényleges intenzitása a gyökérszövet öregedése során bekövetkező, az elektromos tulajdonságokra is hatással lévő szöveti változások miatt (Čermák és mtsai. 2006, Ellis és mtsai. 2013), de a kapacitásmérés a gyökéraktivitás időbeli változásainak nyomon követésére, valamint különböző kezelések hatásának kimutatására egyszerű, gyors és olcsó tesztmódszer lehet.

Irodalom

- Aston, M.J., Lawlor, D.W. (1979) The relationship between transpiration, root water uptake and leaf water potential. *J. Exp. Bot.* 114: 169–181.
- Aubrecht, L., Staněk, Z., Koller, J. (2006) Electrical measurement of the absorption surfaces of tree roots by the earth impedance methods: 1. Theory. *Tree Physiol.* 26: 1105–1112.
- Augé, R.M. (2001) Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11: 3–42.
- Augé, R.M. (2004) Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Can. J. Soil Sci.* 84: 373–381.
- Čermák, J., Ulrich, R., Staněk, Z., Koller, J., Aubrecht, L. (2006) Electrical measurement of tree root absorbing surfaces by the earth impedance methods: 2. Verification based on allometric relationships and root severing experiments. *Tree Physiol.* 26: 1113–1121.
- Chloupek, O. (1972) The relationship between electric capacitance and some other parameters of plant roots. *Biol. Plant.* 14: 227–230.
- Cseresnyés, I., Takács, T., Végh, R.K., Anton, A., Rajkai, K. (2013) Electrical impedance and capacitance method: A new approach for detection of functional aspects of arbuscular mycorrhizal colonization in maize. *Eur. J. Soil Biol.* 54: 25–31.
- Dalton, F.N. (1995) *In situ* root extent measurements by electrical capacitance methods. *Plant Soil* 173: 157–165.
- Ellis, T., Murray, W., Kavalieris, L. (2013) Electrical capacitance of bean (*Vicia faba*) root systems was related to tissue density – a test for the Dalton model. *Plant Soil* 366: 575–584.
- Fu, S., Cheng, W., Susfalk, R. (2002) Rhizosphere respiration varies with plant species and phenology: a greenhouse pot experiment. *Plant Soil* 239: 133–140.
- Gao, S., Pan, W.L., Koenig, R.T. (1998) Integrated root system age in relation to plant nutrient uptake activity. *Agron. J.* 90: 505–510.
- Lai, C-T., Katul, G. (2000) The dynamic role of root water-uptake in coupling potential to actual transpiration. *Adv. Water Res.* 23: 427–439.
- Medrano, E., Lorenzo, P., Sánchez-Guerrero, M.C., Montero, J.I. (2005) Evaluation and modelling of greenhouse cucumber-crop transpiration under high and low radiation conditions. *Scientia Hort.* 105: 163–175.
- Muleta, D. (2010) Legume responses to arbuscular mycorrhizal fungi inoculation in sustainable agriculture. In: Khan, M.S., Zaidi, A., Musarrat, J. (eds.) Inoculation microbes for legume improvement, pp. 293–323. *Springer, Wien.*
- Novák, V., Vidovič, J. (2003) Transpiration and nutrient uptake dynamics in maize (*Zea mays* L.). *Ecol. Model.* 166: 99–107.
- Trouvelot, A., Kough, J.L., Gianinazzi-Pearson, V. (1986) Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherches et méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi-Pearson, V., Gianinazzi, S. (eds.) Physiological and genetical aspects of mycorrhizae, pp. 217–221. *INRA, Paris.*
- Yang, X., Short, T.H., Fox, R.D., Bauerle, W.L. (1990) Transpiration, leaf temperature and stomatal resistance of a greenhouse cucumber crop. *Agr. Forest Meteorol.* 51: 197–209.

CIRCOVÍRUS SZEKVENCIÁK MOLEKULÁRIS VIZSGÁLATA HALAKBAN ÉS HÜLLŐKBEN

FEHÉR ENIKŐ, SZÉKELY CSABA, CECH GÁBOR, FARKAS L. SZILVIA,
BÁNYAI KRISZTÁN

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Állatorvos-tudományi Intézet
1043 Budapest, Hungária körút 21.
feher.eniko@agr.ar.mta.hu

A molekuláris biológiai módszerek fejlődésével egyre több élőlény és az azokban jelenlévő mikroorganizmusok genomjának feltérképezésére nyílik lehetőség. A *Circoviridae* családba tartozó, illetve szerkezetileg azokhoz hasonló vírusgenomok azonosítása állati szervezetekben és környezeti mintákban ugrásszerűen megnövekedett az utóbbi néhány évben. A teljes vírusgenomok mellett a gazdaszervezet genomjába integrált, a vírusok egyes génjeihez hasonló szekvenciákat is azonosítottak. Tanulmányunkban különböző hal és hüllő fajokban kíséreltük meg circovírusok azonosítását a leggyakrabban használt, több vírusfaj detektálására alkalmas módszerrel. Teljes vírusgenomokat nem azonosítottunk, ám eredményeink arra utalnak, hogy az általunk vizsgált hal és hüllő fajok genomjába a circovírusok *rep* génjéhez hasonló szekvenciák integrálódhattak. A circovírusok prevalenciájának és szerepének, illetve az integrálódott szekvenciák elhelyezkedésének és funkciójának felderítése további vizsgálatokat igényel.

Bevezetés

A *Circoviridae* családba tartozó circovírusok körülbelül 1700-1900 bázispár hosszúságú, egyszálú, cirkuláris DNS genommal rendelkeznek. Több fajukat sertések és madarak (papagáj, galamb, kacs, lúd, stb.) súlyos immunszuppresszióval, elhullással járó betegségeivel hozták összefüggésbe (*Halami és mtsai. 2008, Kiss és mtsai. 2000, Szeredi és mtsai. 2012*). A vírusok jelen vannak más állati (főemlős, haszonállat, egyéb emlős, rovar) és a humán szervezetben is (*Kapoor és mtsai. 2012, Li és mtsai. 2010, Liu és mtsai. 2011, Rosario és mtsai. 2011, Smits és mtsai. 2013*). 2011-2012-ben új circovírus fajokat írtak le Magyarországon márná ivadékban (*Barbusbarbus*) és európai harcsában (*Silurus glanis*) (*Lőrincz és mtsai. 2011, 2012*).

A circovírusok két fő nyitott olvasási kerete ambiszensz elrendezésű a vírus genomjában. A Cap fehérje a vírusburok fő alkotóeleme, míg a Rep fehérje a vírus „rolling circle” mechanizmusú replikációjának iniciációjában és annak későbbi folyamataiban is kulcsfontosságú szerepet játszik (*Li és mtsai. 2010, Liu és mtsai. 2011*).

A circovírusok *rep* szekvenciájához hasonló endogén szekvenciákat találtak protozoonokban, férgekben, kételtűekben és emlősökben is. Számos, hasonló és/vagy azonos endogén szekvencia lehet egyszerre jelen a gazda genomjában, amelyeknél gyakran előfordulhat kereteltolódás, közbeiktatott stop/start kodon, inzerció vagy delécio, ami akár a gén eredeti funkciójának elvesztésével is járhat (*Liu és mtsai. 2011*).

Tanulmányainkban különböző hal és hüllő fajok mintáiban vizsgáltuk a circovírusok előfordulását és szekvenciáját.

Anyagok és módszerek

Mintáink a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpontjának Állatorvostudományi Intézetében vizsgált, ismeretlen kórokozók detektálására küldött, beteg állatokból származtak. A halak esetében a vese, máj, bél és here, hüllők esetében a bél, gyomor, légcső, máj, nyelőcső, nyelv, szív, tüdő, lép és vese mintákat használtuk fel circovírusok kimutatására. A minták DNS állományának izolálását követően degenerált circovírus specifikus primereket (*Fehér és mtsai. 2013, Li és mtsai. 2010*) használtunk a circovírus *rep* gén részleges szekvenciájának amplifikálására „nested” polimeráz láncreakcióval (PCR). A PCR termékeket Sanger szekvenálással elemeztük, majd a szekvenciák ismeretében kifelé irányuló „back-to-back” primerpárokat terveztünk a vírusok teljes genom szekvenciájának meghatározására. Az integrált *rep*-szerű szekvenciák esetében az integrálódást Lambda exonukleáz emésztéssel és phi 29 polimerázzal végrehajtott „rollingcircle” amplifikációval, az integrálódás helyét kifelé irányuló primerek segítségével, PCR reakcióval erősítettük meg.

Eredmények és következtetések

Két indiai halfaj veséjéből (két *Catlacatla* és egy *Labeorohita*), valamint négy szárazföldi teknős (*Testudine spp.*), egy ékszerteknős (*Trachemy spp.*), egy királypiton (*Python regius*) és egy szkink (*Eumeces schneideri*) kevert szervmintáiból sikeresen amplifikáltuk a circovírusok *rep* szekvenciájának egy szakaszát degenerált circovírus *rep* specifikus primerekkel.

A két *C. catla* szekvencia azonos volt és 69%-ban hasonlított a *L. rohita* részleges *rep* szekvenciájához. Mindhárom szekvencia a korábban leírt márna (*Barbus barbatus*) megfelelő szakaszaival mutatta a legnagyobb fokú hasonlóságot. A *C. catla* és *L. rohita* szekvenciája alapján tervezett, a feltételezett circovírus ismeretlen szakaszát amplifikáló primereink *L. rohita* esetében a *rep* szekvencia mellett, azok folytatásaként mikroszatellita szekvenciákat erősítettek fel. Lambda exonukleáz emésztést követően - amely a cirkuláris, egyszálú DNS genomot érintetlenül hagyja - a degenerált primerekkel végzett PCR, valamint a „rolling circle” amplifikáció nem képzett amplikonokat. A *rep*-szerű szekvenciára és a mikroszatellita régióra tervezett primereink által felszaporított és megszekvenált PCR termékek szintén arra utalnak, hogy a gazdafaj genomjába a circovírusok *rep* génjéhez hasonló szakasz integrálódhatott.

A hüllő minták esetében a teknős, gyík és kígyó szekvenciák egymáshoz igen hasonlóak voltak (97-99% nukleotid és 98%-100% aminosav azonosság). A felerősített szakaszokat stop és start kodonok, vagy egyéb mutációk nem szakították meg. Az adatbázis alapján ezekhez legközelebb egy csimpánz széklet mintában detektált *rep* szekvencia áll (97-99% aminosav és nukleotid azonosság), míg az adatbázis egyéb szekvenciáihoz csak távoli rokonság fűzi őket (46-48% aminosav hasonlóság). A hüllő szervekből származó részleges *rep* szekvenciákra illeszkedő „back-to-back” primereinkkel azonban nem sikerült további vírus szekvenciákat felerősíteni. A minták DNS állományának exonukleáz emésztése után végzett „nested” PCR esetében szintén nem sikerült amplikonokat termelnünk, ami a halak *rep*-szerű szekvenciáihoz hasonlóan integrált szekvenciák jelenlétére utalhat.

Tanulmányunkban elsőként írtuk le csontos halak és hüllők genomjában feltehetően endogén szekvenciaként jelenlévő circovírus *rep*-szerű szakaszokat. Amíg a halak esetében a *rep*-szerű szekvencia funkciót is érintő mutációkkal tagolt, hüllők esetében ilyen mutációkat nem detektáltunk. A beépült szakaszok szerkezetének, jelentőségének, evolúciójának feltárása további kutatásokat igényel.

Köszönetnyilvánítás

A projekt a Magyar Kormány támogatásával, a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség kezelésében, a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap finanszírozásával (KTIA_AIK_12-1-2013-0017 számú szerződés), valamint a Magyar Tudományos Akadémia (Lendület program, Bolyai János Kutatási Ösztöndíj) és a K108727 számú OTKA pályázat támogatásával valósult meg.

Irodalom

- Fehér, E., Székely, C., Lőrincz, M., Cech, G., Tuboly, T., Singh, H.S., Bányai, K., Farkas, S.L. (2013) Integrated circoviral rep-like sequences in the genome of cyprinid fish. *Virus Genes*. 47: 374-377.
- Halami, M.Y., Nieper, H., Müller, H., Johne, R. (2008) Detection of a novel circovirus in mute swans (*Cygnus olor*) by using nested broad-spectrum PCR. *Virus Res.* 132: 208-212.
- Kiss, I., Kecskeméti, S., Tuboly, T., Bajmócy, E., Tanyi, J. (2000) New pig disease in Hungary: postweaning multisystemic wasting syndrome caused by circovirus (short communication). *Acta Vet. Hung.* 48: 469-475.
- Kapoor, A., Dubovi, E.J., Henriquez-Rivera, J.A., Lipkin, W.I. (2012) Complete genome sequence of the first canine circovirus. *J. Virol.* 86:7018.
- Li, L., Kapoor, A., Slikas, B., Bamidele, O.S., Wang, C., Shaukat, S., Masroor, M.A., Wilson, M.L., Ndjango, J.B., Peeters, M., Gross-Camp, N.D., Muller, M.N., Hahn, B.H., Wolfe, N.D., Triki, H., Bartkus, J., Zaidi, SZ., Delwart, E. (2010) Multiple diverse circoviruses infect farm animals and are commonly found in human and chimpanzee feces. *J. Virol.* 84: 1674-1682.
- Liu, H., Fu, Y., Li, B., Yu, X., Xie, J., Cheng, J., Ghabrial, S.A., Li, G., Yi, X., Jiang, D. (2011) Widespread horizontal gene transfer from circular single-stranded DNA viruses to eukaryotic genomes. *BMC Evol. Biol.* 11: 276.
- Lorincz, M., Cságola, A., Farkas, S.L., Székely, C., Tuboly, T. (2011) First detection and analysis of a fish circovirus. *J. Gen. Virol.* 92: 1817-1821.
- Lőrincz, M., Dán, A., Láng, M., Csaba, G., Tóth, A.G., Székely, C., Cságola, A., Tuboly, T. (2012) Novel circovirus in European catfish (*Silurus glanis*). *Arch. Virol.* 157: 1173-1176.
- Rosario, K., Marinov, M., Stainton, D., Kraberger, S., Wiltshire, E.J., Collings, D.A., Walters, M., Martin, D.P., Breitbart, M., Varsani, A. (2011) Dragonfly cyclovirus, a novel single-stranded DNA virus discovered in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *J. Gen. Virol.* 92: 1302-1308.
- Smits S.L., Zijlstra, E.E., van Hellemond, J.J., Schapendonk, C.M., Bodewes, R., Schürch, A.C., Haagmans, B.L., Osterhaus, A.D. (2013) Novel cyclovirus in human cerebrospinal fluid, Malawi, 2010-2011. *Emerg. Infect. Dis.* 19: 1511-1513
- Szeredi, L., Dán, A., Solymosi, N., Cságola, A., Tuboly, T. (2012) Association of porcine circovirus type 2 with vascular lesions in porcine pneumonia. *Vet. Pathol.* 49: 264-270.

GYOMMAGVAK: TÁPANYAGFORRÁS VAGY TOXIKUS SZENNYEZÉS FORRÁSAI?

FILEP TIBOR¹, GYŐRI ZOLTÁN², LEHOCZKY ÉVA¹, MAZSU NIKOLETT¹

¹MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet
1022 Budapest, Herman Ottó út 5.
filep.tibor@agrar.mta.hu

²Szent István Egyetem
Regionális Gazdaságtani és Vidékfejlesztési Intézet
2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

Annak ellenére, hogy a gyomnövények magvai potenciális szennyezői lehetnek a kultúrnövények termésének – és ezáltal a tápanyagláncnak –, szisztematikus értékelése annak, hogy a gyommagvak beltartalma (akár tápanyagok, akár toxikus elemek) milyen mértékben „szennyezheti” a gabonafélék magvait, még hiányzik. Ezért közleményünkben 30 különböző gyomfaj magjainak makroelem (K, Ca, Mg, P, S) és potenciálisan toxikus elem (Al, B, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Zn, As, Mo, Hg, Ni, Pb, Se) tartalmát határoztuk meg, majd az irodalomban található gabonaszem adatokkal vetettük össze a gyommagvak koncentrációit.

Ennek alapján megállapíthatjuk, hogy az összes elem esetében a gyomok magvainak elemtartalma szignifikánsan magasabb, mint a búza, a kukorica, az árpa vagy a rozs esetében. Mindez azt jelzi, hogy a gabona gyommagvak általi szennyeződése növeli a termés makroelem-tartalmát az általunk vizsgált elemek esetén.

Adataink azt is bizonyították, hogy bizonyos gyomnövény fajok magvai, bizonyos körülmények között, jelentősen terhelhetik a táplálékláncot toxikus elemekkel. Különösen igaz ez az Al, As, Pb, Co és Ni esetében, amelyeknél sok esetben nagyságrendileg magasabb koncentrációt mértünk, mint amennyit a gabonamagvaknál közöltek.

Bevezetés

A gabonafélék és a táblában lévő gyomnövények egyidejű betakarítása során a gyomnövények és azok magjai toxikus elemekkel, aromás vegyületekkel stb. szennyezhetik a táplálékláncot (Liener 1969, Crawford és Friedman 1990). Megközelítőleg 1-5% az aránya a betakarított termésben (Harrold and Nalewaja 1977)

Gyomnövények magjai egyrészt értékes tápanyagforrások (a bennük lévő fehérje, valamint K, Ca, Mg, P, S miatt) lehetnek, másrészt pedig a magokban akkumulálódott toxikus elemek (Cd, Hg, Cr, Pb etc.) miatt veszélyforrásként is tekinthetünk rájuk. Állati takarmányozás, de akár emberi élelem szempontjából is, a gyomnövények – éppen tápanyagtartalmuk miatt – olcsó alternatívái lehetnek a jelenleg termesztett növényeknek (Vietmeyer 1990, Ezeagu és mtsai. 2002).

Célunk, hogy (i) meghatározzuk 30 gyomnövény mag elemösszetételét, mind a makro- (K, P, Ca, Mg, S), mind pedig a mikroelemek (Al, B, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Zn, As, Mo, Hg, Ni, Pb, Se) tekintetében, (ii) összevessük a gyommagvak elemkoncentrációit a kultúrnövények (elsősorban gabonafélék) elemkoncentráció értékeivel, amely segít értékelni azok tápanyagforrás vagy éppen toxikus szennyezőforrás potenciálját.

Anyagok és módszerek

A mintavétel helye Keszthely környéki művelt terület volt, 678 ± 134 mm éves csapadékkal. A domináns talajtípus a barnaföld. A leggyakrabban termesztett gabonafélék a búza, rozs és az árpa, melyeket jellemzően júliusban aratnak.

A gyomnövény mintákat 2011 júliusában vettük, úgy hogy egy $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ területet mintáztunk meg. A növényeket kiszárítottuk, majd a magokat szétválasztottuk a növény többi részétől. A légszáraz minták darálás után kerültek kémiai analízisre.

A minták K, Ca, Mg, P, S, Al, B, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Zn, As, Mo, Hg, Ni, Pb, Se tartalmát ICP-vel határoztuk meg, cc. $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ (MSZ 21470-50:2006) roncsolás után.

Eredmények és következtetések

A gyommagokban mért makroelem-koncentrációk (1. táblázat) jelentős varianciát mutatnak, megerősítve azt a paradigmát, miszerint egy adott növény elemtartalma alapvetően a genetikai és környezeti hatásoktól függ (White and Broadley 2009). A különböző fajok, bár hasonló környezeti hatások érték őket, eltérő akkumulációs képességekkel bírnak.

Kukorica, búza, valamint rozs makroelem adatait hasonlítottuk össze a vizsgált gyommagok elemtartalmával (1. táblázat). A gyomnövény magjaiban mért kálium mennyisége jelentősen meghaladta a kultúrnövényekben mértet, különösen a *Coryza canadensis* gyomnövényénél, ahol $20,0 \text{ g kg}^{-1}$ koncentrációt mértünk, szemben a gabonamagvakban talált $\sim 2\text{-}5 \text{ g kg}^{-1}$ K értékekkel. A Ca és Mg esetében hasonló tendenciát fedezhetünk fel: a gyommagvak átlagos Ca és Mg tartalma ($4,0$ és $2,7 \text{ g kg}^{-1}$) egyértelműen magasabb, mint azok a koncentrációk, amelyeket gabonafélék magjaiban mértek. Különösen a Ca-tartalomban találunk jelentős különbséget a gyom és a kultúrnövény magjának elemtartalmában, mind a kukorica, mind pedig a búza esetében $0,01\text{-}0,88 \text{ g kg}^{-1}$ értékeket találunk, míg a *Coryza canadensis*, a *Consolida regalis* és a *Polygonum aviculare* magja igen jelentős mennyiséget, $12,3$, $11,4$ és $17,4 \text{ g kg}^{-1}$ Ca-ot tartalmaz.

1. táblázat. A vizsgált gyommagok makroelem-tartalma, összevetve különböző gabonaszemek irodalmi értékeivel

K	Ca	Mg	P	S	Növény
g kg ⁻¹					
8,3±4,5 ^a	4,0±3,9	2,7±0,70	5,4±2,1	3,1±2,9	30 gyomnövény mag
5,6±0,1	0,09±0,008	0,78±0,04	3,0±0,05		kukorica ¹
2,4-3,2	0,01-0,13	0,8-1,6	2,4-4,6	0,97-1,8	kukorica ²
2,6-7,8	0,13-0,88	0,8-2,4	3,0-10,9	1,2-3,0	búza ³
3,0	0,4	1,5	3,2	1,5	búza ⁴
3,9-4,5	0,40-0,47	1,4-1,9	3,6-5,7	1,5-1,9	búza ⁵
2,2±0,7/	0,71±0,30/	2,0±0,4/	4,3±0,4/		búza/rozs ⁶
2,5±0,3	0,53±0,04	1,3±0,1	3,0±0,3		
3,9	0,25	0,97			búza ⁷
4,3±0,4	0,35±0,06	1,2±0,2	2,4±0,3		búza ⁸

^a Átlag±szórás; ¹Udoessien és Aremu 1991; ²Menkir 2008; ³Gomez-Becerra et al. 2010; ⁴Kádár és Daood 2001; ⁵Piergiorganni et al. 1997; ⁶Shtangeeva et al. 2011; ⁷Srikumar 1993; ⁸Rodríguez et al. 2011.

A P koncentrációkban már nem találtunk ilyen szignifikáns különbségeket a gyomnövények és a gabonafélék között. Igaz ugyan, hogy a az átlagos P koncentráció a gyommagokban ($5,4 \text{ g kg}^{-1}$) kissé magasabb, mint a gabonamagvakban, de ez a különbség nem olyan drámai, mint azt láttuk a Ca esetében. Sőt, bizonyos termesztési feltételek mellett, a búza szemtermésének P tartalma meghaladta a gyommagok átlagát (Gomez-Becerra és mtsai. 2010). Még a kifejezetten nagy P tartalmú gyommagoknál sem mértünk szignifikánsan nagyobb P koncentrációt, pl. a *Abutilon theophrasti* ($11,1 \text{ g kg}^{-1}$) vagy a *Sinapsis arvensis* ($9,9$

g kg⁻¹) esetében. Az átlagos S tartalom mérsékelten magasabbnak bizonyult a gyommagoknál, míg a *Brassicaceae* családba tartozó *Sinapsis arvensis* kiugróan magas, 17,8 g kg⁻¹ S volt. A *Brassicaceae* családba tartozó növények magjának S tartalma azért igen magas, mivel magjuk S-tartalmú mustárolajat tartalmaz (Björkman és mtsai. 2011).

A gyomnövénymagok, valamint a gabonafélék magjainak toxikus elemtartalmát a 2. táblázatban prezentáljuk. Az Al, As, B, Co és Cu esetében jelenthetjük ki, hogy a gyommagvakban jóval nagyobb koncentrációkat mértünk, mint a gabonák magvainál közölt adatok. Ez nemcsak az átlagértékekre igaz, hanem vannak olyan gyomnövények, amelyek extrém mennyiségben akumulálnak toxikus elemeket, pl. a *Polygonum aviculare* magjában 634 mg kg⁻¹ Al koncentráció adódott, ami közel 30-szorosa a rozsszem Al tartalmának.

2. táblázat. Toxikus elemtartalom gyommagokban és gabonamagvakban (mg kg⁻¹)

	Gyommag	k	l	m	n
Al	80,8±151,2 ^a		17,9±7,5/17,2±3,0		
As	0,24±0,27		0,005±0,003/0,007±0,002	-0,01	
B	15,7±8,2		1,1±0,4/1,5±0,2		2,1±1,9/-
Ba	3,4±4,2		5,6±1,1/1,9±0,3		
Cd	0,08±0,07	0,01-0,41	0,058±0,040/0,013±0,001		0,02±0,03/0,11±0,00
Co	0,44±0,17	0,005-0,02	0,016±0,007/0,010±0,003		0,25±0,00/-
Cr	0,67±0,32	3,4-6,5	0,20±0,10/0,09±0,02	0,10-0,12	0,42±0,29/0,33±0,08
Cu	12,2±7,3	3,4-7,4	6,5±1,3/4,9±0,6		3,9±2,1/4,1±2,3
Fe	73,2±35,4	7,0-39,8	53,6±13,8/37,7±6,9		
Li	0,34±0,30		0,020±0,014/0,012±0,004		
Hg	0,89±0,14				
Mn	43,0±38,8	22,9-46,7	34,4±11,2/27,5±3,5		9,2±2,9/-
Mo	0,86±0,72		0,34±0,06/0,92±0,34		
Ni	1,4±1,0			0,52-3,23	0,65±0,57/0,28±0,08
Pb	3,2±2,3	0,046-0,699	0,10±0,09/0,08±0,03	0,01-0,02	4,1±3,3/1,4±0,1
Se	0,073±0,002	0,001-0,027			
Sr	10,3±8,4	3,52-10,4	4,8±1,8/3,2±0,3		
Zn	40,9±15,5	20,0-44,1	56,5±24,8/34,7±10,0		23,4±4,0/37,1±5,0

^aÁtlag±szórás; k: Zhao et al. 2013, búza; l: Shangeeva et al. 2011, búza/rozs; m: Marwa et al. 2012, kukorica; n: Lavado et al. 2007, kukorica, búza.

A Cd és Pb esetében, melyek igen toxikus elemek, ha átlagban nem is, de bizonyos gyomnövények magvaiban magas koncentrációkat határoztunk meg. A *Consolida regalis*-ban 0,34 mg kg⁻¹ Cd-ot, a *Cirsium arvense*-ben pedig 6,5 mg kg⁻¹ Pb-ot mértünk. Egy másik igen toxikus elem, a Cr esetében kifejezetten alacsony a koncentráció a gyommagvakban, búzában pl. sokszorosát mérték (Zhao és mtsai. 2013). Még a legnagyobb Cr-tartalommal rendelkező *Cynodon dactylon*-ban is csupán 1,9 mg kg⁻¹ mérhető.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a gyommagvak tápanyagok tekintetében jelentős potenciállal bírnak. Méréseinkből kiderült, hogy a K, Ca, Mg tápelemek nagymértékben felhalmozódnak a magokban, ennek következtében értékes alapanyagok lehetnek pl. takarmányoknak. Azonban bizonyos körülmények között, egyes fajoknál toxikus elem felhalmozódást is észleltünk, különösen az Al esetében figyelhető ez meg, míg más toxikus elemnél (pl. Cr, Pb, Cd) nem volt tapasztalható aggasztó mértékű felhalmozódás.

Köszönetnyilvánítás

A munkát az OTKA K 105789 pályázat támogatta.

Irodalom

- Björkman, M., Klingen, I., Birch, A.N., Bones, A.M., Bruce, T.J., Johansen, T.J., Meadow, R., Mølmann, J., Seljåsen, R., Smart, L.E., Stewart, D. (2011) Phytochemicals of *Brassicaceae* in plant protection and human health-influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry* 72: 538-556.
- Crawford, L., Friedman, M. (1990) The effects of low levels of dietary toxic weed seeds (jimson weed, *Datura stramonium* and sicklepod, *Cassia obtusifolia* on the relative size of rat liver and levels and function of cytochrome P-450. *Toxicology Letters* 54: 175-181.
- Ezeagu, I.E., Devi, S., Rao, H.P., Nath, H., Rao, A.A.G., Gowda, L.R., Tarawali, G. (2002) Prospects for incorporation of defatted Mucuna flour in biscuits formulation. *J. Food Sci. Technol.* 39: 435-438.
- Gomez-Becerra, H.F., Erdem, H., Yazici, A., Tutus, Y., Torun, B., Ozturk, L., Cakmak, I. (2010) Grain concentrations of protein and mineral nutrients in a large collection of spelt wheat grown under different environments. *J. Cereal Sci.* 52: 342-349.
- Harrold, R.L., Nalewaja, J.D. (1977) Proximate, mineral and amino acid composition of 15 weed seeds. *J. Anim. Sci.* 44: 389-394.
- Kádár, I., Daood, H. (2001) The effect of microelement loads on wheat in a chernozem soil. *Agrokémia és Talajtan* 50: 353-370.
- Lavado, R. S., Rodríguez, M., Alvarez, R., Taboada, M.A., Zubillaga, M.S. (2007) Transfer of potentially toxic elements from biosolid-treated soils to maize and wheat crops. *Agric. Ecosys. Environ.* 118: 312-318.
- Liener, E.I. (1969) (Ed.). Toxic Constituents of Plant Foodstuffs. Academic Press, New York.
- Marwa, E.M.M., Meharg, A.A., Rice, C.M. (2012) Risk assessment of potentially toxic elements in agricultural soils and maize tissues from selected districts in Tanzania. *Sci. Total Environ.* 416: 180-186.
- Menkir, A. (2008) Genetic variation for grain mineral content in tropical-adapted maize inbred lines. *Food Chem.* 110: 454-464.
- MSZ 21470-50:2006 (Hungarian Standard). (2006) Environmental testing of soils. Determination of total and soluble toxic element, heavy metal and chromium (VI) content. Hungarian Standard Association, Budapest.
- Piergiovanni, A.R., Rizzi, R., Pannacciulli, E., Della Gatta, C. (1997) Mineral composition in hulled wheat grains: a comparison between emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and spelt (*T. spelta* L.) accessions. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 48: 381-386.
- Rodríguez, L.H., Morales, D.A., Rodríguez, E.R., Romero, C.D. (2011) Minerals and trace elements in a collection of wheat landraces from the Canary Islands. *J. Food Comp. Anal.* 24: 1081-1090.
- Shtangeeva, I., Steinnes, E., Lierhagen, S. (2011) Macronutrients and trace elements in rye and wheat: Similarities and differences in uptake and relationships between elements. *Environ. Exp. Bot.* 70: 259-265.
- Srikumar, T.S. (1993) The mineral and trace element composition of vegetables, pulses and cereals of southern India. *Food Chem.* 46: 163-167.
- Udoessien, E.I., Aremu, C.Y. (1991) Mineral Composition of Selected Nigerian Foodstuffs. *J. Food Comp. Anal.* 91: 346-353.
- Vietmeyer, N. (1990) The new crop era. In Janick, J., Simon, J.E., (Eds.), Advances in new crops. Timber Press, Portland, Oregon.
- White, P.J., Broadley, M. R. (2009) Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist* 182: 49-84.
- Zhao, H., Guo, B., Wei, Y., Zhang, B. (2013) Multi-element composition of wheat grain and provenance soil and their potentialities as fingerprints of geographical origin. *J. Cereal Sci.* 57: 391-397.

A HALLISZT KIVÁLTHATÓSÁGA HÚSLISZTTTEL, ILLETVE NÖVÉNYI FEHÉRJÉVEL LESŐHARCSEA (*SILURUS GLANIS*) TAKARMÁNYÁBAN

HAVASI MÁTÉ, BELICZKY GÁBOR, PÁL LÁSZLÓ, BERCSÉNYI MIKLÓS,
NAGY SZABOLCS

*Pannon Egyetem Georgikon Kar
8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.
havasi.mt@gmail.com*

Kísérletünkben a halliszt húsliszttel, illetve növényi fehérjével való helyettesítésének lehetőségét vizsgáltuk lesőharcsa takarmányában. Három kezelést alkalmaztunk 3-3 ismétlésben. Az alkalmazott tápok egymással izonitrogénesek voltak és az aminosav profilok is megegyeztek. A halak egyik csoportja halliszt tartalmú tápot kapott, a második csoport hallisztet nem, de húslisztet fogyasztott. A harmadik csoport takarmánya nem tartalmazott állati fehérjét. A halakat recirkulációs rendszerben tartottuk és folyamatosan, automata etetővel takarmányoztuk. A hat hetes kísérlet folyamán hetente mértük az egyedek tömegét, nyomon követtük a növekedés és a takarmányértékesítés alakulását. A kísérlet végén minden csoportból 5-5 egyed feláldozásával vizsgáltuk a máj és a hasúri zsír tömegét. A növényi fehérjét fogyasztó halak növekedése és takarmányértékesítése szignifikánsan elmaradt a másik két csoporttól. Az állati fehérjés csoportok növekedése között nem volt statisztikailag igazolható különbség. A halak zsírfelhalmozása a növényi fehérjés csoportban volt a legalacsonyabb, májelfajulást egyik csoportban sem tapasztaltunk.

Bevezetés

A lesőharcsa (*Silurus glanis*, Linnaeus 1758) számos olyan kedvező tulajdonsággal rendelkezik, ami alkalmassá teszi intenzív akvakultúrás termelésre is. Húsa százkamentes, fehér színű, ízletes ezért magas piaci értékű. Takarmányértékesítése kiváló és a hazai ragadozó halfajok közül a legkönnyebben szoktatható mesterséges tápokra. A kezelésekkkel szemben ellenálló, oldott oxigénigénye pedig - a pontyéhoz hasonlóan - alacsony.

Intenzív haltermelés során a takarmányköltség jelentős részét, akár 50-90%-át, jelentheti az összes termelési költségnek (Müller 1990). A termelés gazdaságosabbá tétele során tehát elsődleges cél lehet a takarmányköltség csökkentése olcsóbb takarmány összetevők alkalmazásával.

Napjainkban az intenzív haltermelésben elsősorban olyan mesterséges tápokot alkalmaznak, amelyeknek elsődleges fehérjeforrása a halliszt. A halliszt nyersanyagául szolgáló tengeri apróhalak fogása a 90-es évek eleje óta stagnál vagy csökken. (Astles és mtsai. 2009, Caddyés Garibaldi 2000, Johnsen 2005). Ennek következményeként a halliszt előállítás költségei jelentősen és gyorsan emelkednek (FAO 2009). Nemcsak ökológiai, hanem gazdasági érdek is tehát, hogy a haltápokban a halliszt mennyiségét csökkentjük, illetve egyéb, alternatív fehérjeforrásokkal (pl. egyéb állati fehérjék, növényi fehérjék vagy fermentált készítmények, stb.) váltsuk ki. Számos tanulmány foglalkozik a halliszt és a halolaj kiváltásának lehetőségeivel különböző harcsafajok esetében is (Ai és Xie 2006, Davies és Gouveia 2008, Toko és mtsai. 2008, Webster és mtsai. 1997). Jelen kísérletünkben a halliszt húsliszttel, illetve növényi fehérjével való kiválthatóságát vizsgáltuk lesőharcsa takarmányában.

Anyagok és módszerek

A halakat egy akváriumokból álló recirkulációs rendszerben tartottuk, melynek összterfoga kb. 4000 liter volt. Az egyes akváriumokba 15-15 darab egynyaras halat helyeztünk, melyek kiindulási átlagtömege $70,9 \pm 9,4$ g ($m_{\text{átlag}} \pm \text{SD}$) volt.

Az alkalmazott három kezelést a következő takarmányok jelentették: hallisztes táp, húslisztes táp és kukoricás táp. Utóbbi kizárólag növényi eredetű alapanyagokat tartalmazott (*I. táblázat*). A három takarmány egymással közel izonitrogénes, izokalorikus volt, valamint az aminosav-profil is megegyezett. A táprecepteket a csatornaharcsa ismert táplálóanyag szükséglete alapján készítettük el. A kezeléseket 3-3 ismétlésben végeztük. A halak a kísérleti takarmányokat 12 órán keresztül, automata szalagotető segítségével kapták. A napi takarmányadag a halbiomassza 2,5%-a volt mindegyik kezelés esetében.

I. táblázat. A kísérleti takarmányok százalékos összetétele

alkotó	hallisztes	húslisztes	kukoricás
extrahált szójadara	30,3%	25,05%	40%
halliszt	19%	0%	0%
húsliszt	0%	17%	0%
kukorica	26,5%	27,14%	16,48%
kukoricaglutén	12,2%	18,8%	19,10%
búza	10%	0%	10%
extrahált repcedara	0%	0%	10%
MCP	0%	0%	1,30%
L-lizin	0%	0,54%	0,42%
DL-metionin	0%	0,10%	0%
olaj	1,5%	0,87%	2,2%
premix*	0,5%	0,5%	0,5%

*A-vitamin: 400 000 NE/kg, D3 vitamin: 200 000 NE/kg, E-vitamin: 6000 mg/kg, K3-vitamin: 918 mg/kg, B1-vitamin: 500 mg/kg, B2-vitamin: 1200 mg/kg, B6-vitamin: 1000 mg/kg, pantoténsav: 3000 mg/kg, folsav: 500 mg/kg, C-vitamin: 10 000 mg/kg, Ca: 22,8%, Fe: 6000 mg/kg, Zn: 40 324 mg/kg, Mn: 5022 mg/kg, Cu: 1000 mg/kg, Se: 22,5 mg/kg, I: 496 mg/kg, antioxidáns: 2000 mg/kg.

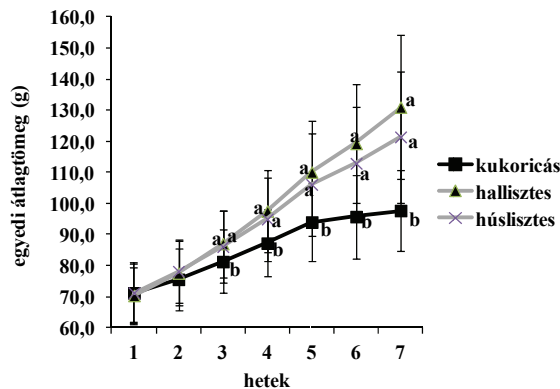
Naponta mértük a víz oxigén telítettségét és hőmérsékletét ($24,1 \pm 0,9^\circ\text{C}$). A halak tömegét hetente mértük, 0,1g pontossággal, vízben. A mért adatokból számítottuk a takarmányértékesítést (FCR), az egyedi, napi tömegnövekedést (G) és a specifikus növekedési rátát (SGR). Az állományon belüli szétnövést a variációs koefficiens (CV%) számításával jellemeztük.

A hat hétig tartó kísérlet végén kezelésként, illetve a kísérlet elején kontrollként félretett halakból, 5-5 egyedat felboncoltunk. Mértük a hasúri zsír és a máj tömegét.

Eredmények és következtetések

A halak növekedése a hallisztes csoport esetében exponenciális egyenlettel ($R^2: 0,9971$) volt közelíthető, míg a másik két csoport lineáris növekedési ütemet ($R^2: 0,9694 - 0,9968$) mutatott. A halak átlagtömege $70,9 \pm 9,4$ g-ról $117,0 \pm 24,0$ g értékre nőtt a hat hetes kísérlet során. A kukoricás csoport 137,3%-os, a hallisztes csoport 186,2%-os, a húslisztes csoport pedig 170,5%-os gyarapodást ért el az átlagtömeget tekintve (*I. ábra*). A növekedés üteme a korábbi kísérleteinkben tapasztaltaknál alacsonyabb volt mindhárom kezelés esetében. Erre utal az is, hogy két csoport esetében a növekedés egyenlete exponenciális helyett lineáris összefüggéssel volt leírható. Ennek oka feltehetően nem az alacsony nyers fehérje tartalom, hiszen más, korábbi kísérletünkben kedvezőbb növekedést kaptunk alacsonyabb fehérjetartalmú haltáppal. Sokkal valószínűbb, hogy az ok az alapanyagok nem megfelelő emészthetőségében, illetve a két harcsafaj eltérő igényeiben keresendő. A kísérlet elején nem

volt szignifikáns különbség az egyes kezelések között. A kísérlet második hetének végén ugyanakkor a kukoricás csoport növekedése már statisztikailag igazolható mértékben elmaradt a másik két csoporttól, és ez a kísérlet végéig így is maradt. A húslisztes és a hallisztes csoport növekedése között nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget, bár a hallisztes csoport növekedése valamivel gyorsabb volt.

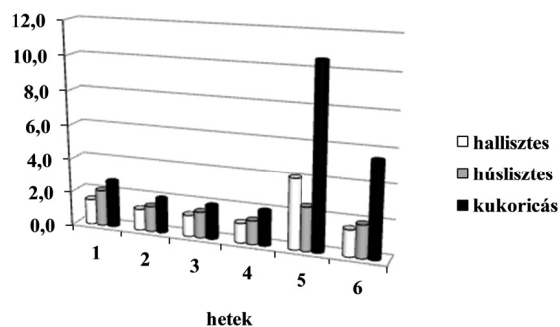


3. ábra Az egyedi átlagtömeg alakulása. A különböző betűk szignifikáns különbséget jelölnek

Az egyedi átlagos napi gyarapodás a kukoricás csoportban volt a legalacsonyabb a kísérlet teljes időtartama alatt, 0,25g/nap és 0,97g/nap között változott. A legnagyobb napi tömeggyarapodást a hallisztes csoport érte el 1,82g/nap értékkel. A napi abszolút tömeggyarapodás mindhárom kezelés esetén növekedett, majd az ötödik héten egy jelentős visszaesést követően ismét lassan emelkedni kezdett. A húslisztes csoport szintén jó növekedést mutatott, a két másik kezelés közötti értékeket vett fel.

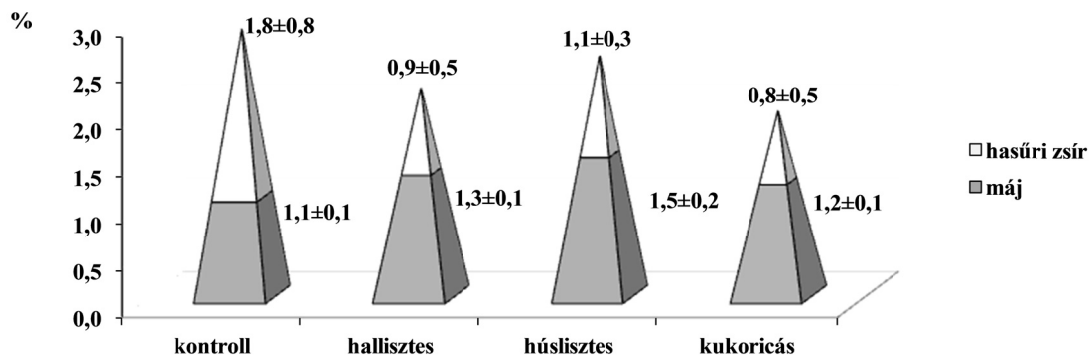
A tápok beltartalmi azonosságának ellenére a pusztán növényi fehérjét tartalmazó táp szignifikánsan gyengébb növekedése arra enged következtetni, hogy a tápgyártás során felhasznált alapanyagok emészthetősége a lesóharcsa esetében nagyon gyenge. Ugyanakkor nagyon kedvező eredmény, hogy a húslisztes és a hallisztes táp hatása között nem volt lényeges eltérés. Ez azt jelentheti, hogy az Európai Unióban haltápgyártásra ismét engedélyezett húsliszt megfelelő alternatívát nyújthat a halliszt kiváltására.

A takarmányértékesítés a kísérlet ideje alatt mindhárom kezelés esetében fokozatos csökkenést mutatott, az 5. héten hirtelen, nagy mértékben megnőtt, majd ismét csökkenni kezdett (2. ábra). Az adott héten a halak nem vagy alig vettek fel takarmányt, ami a növekedés ütemét is visszavetette mindhárom csoportban. Értéke a hallisztes csoport esetében volt a legkedvezőbb, a kísérlet első négy hetében 1,3 átlagértékkel. Ugyanebben az időszakban a húslisztes csoport takarmányértékesítése 1,6, míg a leggyengébb kukoricás csoporté 2,1 volt.



4. ábra. A takarmányértékesítés (FCR) a kísérlet folyamán

A kezelésként felboncolt öt-öt hal esetében azt tapasztaltuk, hogy a máj mérete a húslisztes csoport esetében volt a legnagyobb (3. ábra). A kontrollhoz képest a máj testtömeghez viszonyított méretét mindhárom kezelés megnövelte. Színbeli elváltozás, májelfajulás nem volt tapasztalható egyik esetben sem. Az egyes kezeléseken belül a máj mérete közel azonos volt, csekély szórást mutatott. A hasúri zsír százalékos aránya ugyanakkor mindhárom kezelés esetében csökkent a kontrollhoz képest. Legnagyobb mértékben a kukoricás csoport esetében. Megjegyzendő, hogy a hasúri zsír aránya mind a négy csoportban jelentős szórást mutatott.



5. ábra. A máj és a hasúri zsír teljes testtömeghez viszonyított százalékos aránya

Köszönetnyilvánítás

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósult meg (GOP-1.1.1-11-2011-0028).

Irodalom

- Ai, Q., Xie, X. (2006) Effects of dietary soybean protein levels on metabolic response of the southern catfish, *Silurus meridionalis*. **Comp. Biochem. Physiol** 144: 41-47.
- Astles, K. L., Gibbs, P.J., Steffe, A.S., Green, M. (2009) A qualitative risk-based assessment of impacts on marine habitats and harvested species for a data deficient wild capture fishery. **Biol. Cons.** 142: 2759-2773.
- Caddy, J.F., Garibaldi, L. (2000) Apparent changes in the trophic composition of world marine harvests: the perspective from the FAO capture database. **Ocean & Coastal Management** 43: 615-655.
- Davies, S.J., Gouveia, A. (2008) Enhancing the nutritional value of pea seed meals (*Pisumsativum*) by thermal treatment or specific isogenic selection with comparison to soybean meal for African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture** 283: 116-122.
- FAO Fisheries and Aquaculture D. 2009. The State of World Fisheries and Aquaculture-2008. <http://www.fao.org/docrep/011/i0250e/i0250e00.htm>.
- Johnsen, J. P. (2005) The evolution of the „harvest machinery”: Why capture capacity has continued to expand in Norwegian fisheries. **Marine Policy** 29: 481-493.
- Müller, F. (1990) Economical analysis of some superintensive technologies for fish production in Szarvas. **Aquacultura Hungarica** VI: 235-246.
- Toko, I.I., Fiogbe, E.D., Kestemont, P. (2008) Mineral status of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets containing graded levels of soybean or cottonseed meals. **Aquaculture** 275: 298-305.
- Webster, C.D., Tiu, L.G., Tidwell, J.H., Grizzle, J.M. (1997) Growth and body composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing various percentages of canola meal. **Aquaculture** 150: 103-112.

A SÜLLŐ (*SANDER LUCIOPERCA* L.) NÖVEKEDÉSE TÁPON, ILLETVE TAKARMÁNYHALON

HORVÁTH ZOLTÁN IFJ.¹, MORVAI GABRIELLA², NÉMETH SÁNDOR¹, BELICZKY
GÁBOR¹, HORVÁTH ZOLTÁN², BERCSÉNYI MIKLÓS¹

¹ Pannon Egyetem Georgikon Kar
Keszthely, Deák F. u. 16.
hhori2@gmail.com

² H & H CARPIO Halászati Kft.
Szentlőrinc, Kodolányi J.u. 2/d

A vizsgálatunkban arra voltunk kíváncsiak, hogy a süllő növekedési teljesítménye mennyiben tér el természetes táplálékon a több gyakorlati és tudományos szempont alapján kiválasztott táphoz képest. Avizsgálat során két kezelést (tápetetés, zsákmányhal /razbóra - *Pseurorasboraparva*/ etetés) alkalmaztunk 3 ismétlésben, ismétlésenként 10-10 db átlagosan 10-11 grammos süllővel, 15 napon keresztül. A vizsgálatot követően általános takarmány/testösszetétel analízise, valamint aminosav-összetétel meghatározása történt a vizsgált tápnak, a zsákmányhalnak, illetve a süllőnek. A razbórát fogyasztó halak (18,1 g) szignifikánsan nagyobb átlag tömeget értek el, mint a tápot fogyasztó társaik (15,2 g). A zsákmányhalon nevelt csoportok mutatói a következők: FCR: 3,9 kg/kg, FCRdm: 1 kg/kg, SGR:3,9 %. A tápon nevelt halak esetében kapott eredmények: FCR: 1,6 kg/kg, FCRdm: 1,5 kg/kg, SGR: 2,4%. Mindegyik esetben szignifikáns volt a különbség a két kezelés között. A kémiai vizsgálatok eredményeit tekintve kijelenthetjük, hogy míg a razbóra és a süllő testösszetétele nagymértékben hasonlít, a táp több vizsgált érték esetében lényegesen eltér a süllő testösszetételétől. Eredményeink alapján elmondható, hogy egyelőre a süllő genetikailag determinált növekedési erélyét - a kereskedelmi forgalomban kapható, eddigi tudományos eredmények, és gyakorlati tapasztalatok alapján kiválasztott - tápon messze nem vagyunk képesek kihasználni. A kapott termelési mutatók, és kémiai vizsgálatok eredményei abba az irányba mutatnak, hogy a süllő tápanyag szükségletét nagy megbízhatósággal tudjuk becsülni, ha a táp összeállításakor a hal teljes testösszetételét vesszük alapul.

Bevezetés

A süllő tápos nevelését egyre nagyobb érdeklődés övezi a haltermelők között Európa szerte, mely értékes húsának, így kiváló piaci helyzetének köszönhető. A süllő intenzív nevelésének kidolgozása az utóbbi 15-20 évben történt, ésmég a napjainkban is zajlik. Jelenleg a termelés volumene még nem érte el azt a szintet, hogy a takarmánygyártó ipar külön a süllő számára speciálisan előállított keverék takarmányt bocsájtson a piacra. A süllő tápanyag szükségletével kapcsolatban már több vizsgálati eredmény is rendelkezésre áll (*Schulcz és mtsai. 2005, 2006, 2007, 2008; Zakes és mtsai. 2004*). Ezen vizsgálatok alapján a süllő számára a megfelelő összetételű táp 57% nyersfehérjét (*Schulz és mtsai. 2008*), és 10% nyerszsírt (*Zakes és mtsai. 2004*) tartalmaz. Gyakorlati tapasztalataink alapján úgy látjuk, hogy az alacsony zsírtartalom igen fontos, mivel az ellenkezője nagymértékben terheli a süllő máját, illetve nagy mennyiségű hasúri zsír felhalmozódást eredményez. Ezek alapján kiválasztottunk egy kereskedelmi forgalomban kapható tápot, mely 49% nyersfehérjét, és 10% nyerszsírt tartalmaz (Coppens – Marico Focus). Sajnos a többi táp, mely magasabb nyers fehérje tartalommal rendelkezik, jóval magasabb nyers zsír tartalommal is bír.

Vizsgálatunkban azt figyeltük meg, hogy ez a táp milyen növekedési teljesítményt eredményez természetes zsákmányhállal történő neveléssel szemben. A növekedési paraméterek összehasonlítása mellett - a különbségek esetleges okát keresve - táp, süllő és zsákmányhal test kémiai összetétel vizsgálatokat is végeztünk.

Anyag és módszer

A kísérletet a H & H Carpio Halászati Kft. ócsárdi telephelyén végeztük egy kísérleti recirkulációs rendszerben. A rendszer 9 db 640 literes kádból, egy 900 literes lamellás ülepítőből (mechanikai szűrés) egy 1,5 m³ biofilter tartályból (biológiai szűrő), és 2 db UV-lámpából állt össze. A kísérletet 3 kádban, úsztatott 70 literes ketrecekben végeztük. Kezelésenként 3-3 ketrecekben zajlott a vizsgálat és ketreceként 10-10 db hallat telepítettünk. Minden ketrec egyedi levegőztetéssel volt ellátva. A ketrecek kivül a kádakban szibériai tokot (*Acipenser baerii*) tartottunk a süllők által el nem fogyasztott tápfelevésére, illetve ürülék kisodrására a kádból. A vizsgálat időtartama 15 nap volt. A vizsgálat megkezdése előtt 7 nappal kerültek be a halak a ketrecekbe, hogy legyen idejük hozzászokni a megváltozott körülményekhez.

A kísérletben 2 kezelést alkalmaztunk 3 ismétlésben: tápos nevelés, és zsákmány halon történő nevelés. Az alkalmazott zsákmányhal a kínai razbóra (*Pseudorasbora parva*) volt, 0,45-1 g átlagos mérettel. Tápos kezelés esetében a fent említett „CoppensMaricoFocus” tápot használtuk (3 mm). A tápon nevelt halakat naponta háromszor, míg a razbórát fogyasztó csoportokat naponta egyszer *ad libitum* etettük.

A vizsgálat elején, illetve végén mértük meg a halak tömegét gramm pontossággal. A vizsgálat ideje alatt folyamatosan ellenőriztük az oxigén szintet (7 mg/l), hőmérsékletet (20-23 °C). A számolt paraméterek a következők voltak:

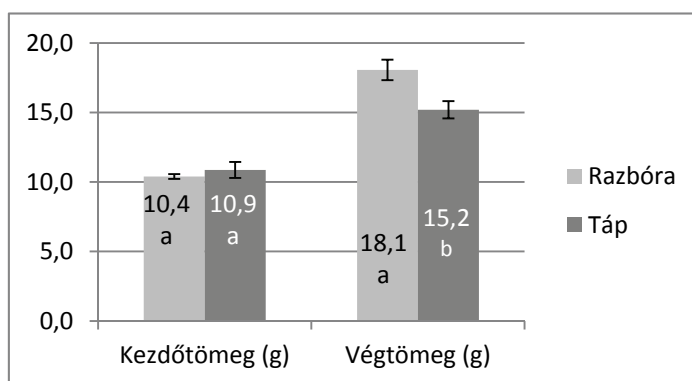
- Takarmányértékesítés (kg/kg - FCR) = elfogyasztott táp/tömeggyarapodás
- Takarmányértékesítés szárazanyag tartalomra vonatkoztatva (kg/kg - FCR_{dm})
= elfogyasztott takarmány sz.a. tartalma/tömeggyarapodás
- Specifikus növekedési sebesség (% - SGR)
= $(\ln(\text{tömeg } T_x \text{ időpontban}) - \ln(\text{tömeg } T_0 \text{ időpontban})) / (\text{eltelt idő}; T_x - T_0) \times 100$

A kémiai vizsgálatokat a Pannon Egyetem Georgikon Karának Állattudományi, és Állattenyésztési Tanszékének kémiai laboratóriumában végezték el. Megvizsgáltattuk az aminosav összetételét, illetve tápanyag összetételét az alkalmazott tápnak, a zsákmányhalnak, illetve a süllőnek. A két haltípus esetében teljes testmintát gyűjtöttünk. Razbóra esetében 10 egyed, míg a süllő esetében 6 db (csoportonként egy) alkotott egy mintát homogenizálva.

Az eredményeket Microsoft Excel 2010-es programmal értékeltük ki. A két kezelés közötti különbség statisztikai kimutatását kétmintás t-próbával végeztük p<0.05 szignifikancia szinten.

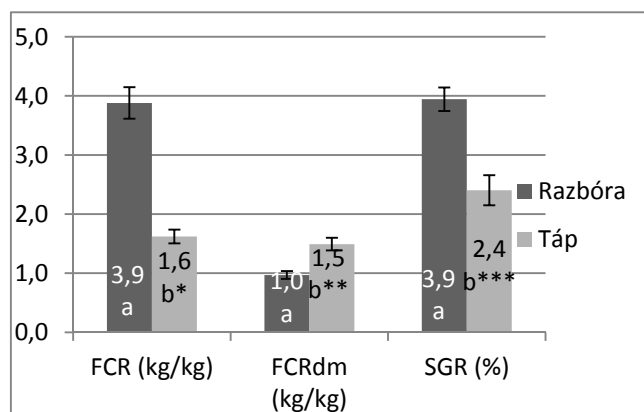
Eredmények és értékelésük

Az első ábra mutatja a kezdő- (1. napon) illetve végtömeget (15. napon). A tömeg alapján már 2 hét után szignifikánsan jobb növekedést értek el a razbórán nevelt halak a tápos csoportokhoz képest. A zsákmány halon nevelt halak végtömege 2,9 g-al volt nagyobb a másik kezeléséhez képest.



1. ábra. Átlagos kezdő, illetve végtömeg
A végtömeg esetében a szignifikancia szint p<0.004

A második ábrán láthatjuk a növekedési, és takarmányfogyasztási adatokból a számolt mutatókat. Mindegyik mutató esetében statisztikai különbséget sikerült kimutatnunk a két kezelés között két mintás t-próbával. Sajnos táp esetében rosszabb takarmányértékesítést kaptunk az elvártnál, mivel a halak a legtöbb esetben lassan reagáltak a táp szórásra, így nagyobb mennyiségű takarmány kárba veszett. Érdekes megfigyelés, hogy a FCR_{dm} esetében jobb eredményt értünk el 0,5 kg/kg-mal a zsákmányhalon nevelt csoportokban, mint a tápos csoportokban. A specifikus növekedési sebesség esetében is jóval kedvezőbb értéket kaptunk a razbórát fogyasztó halak esetében.



2. ábra. A számított FCR, FCR_{dm}, SGR adatok (*p<0.00017; ** p<0.0019; p<0.001)

1. táblázat. A kémiai analízis eredménye

	Razbóra	Táp	Süllő
Víztartalom %	76,5	6,6	77,1
Száranyag %	23,5	93,4	22,9
Nyers hamu sz.a %	17,70	9,79	15,7
Nyers fehérje sz.a. %	61,11	48,07	67,2
Nyers zsír sz.a. %	13,70	9,58	13,2
Nyers rotsz.a. %	0,26	1,18	0,3
N.m.k.a. sz.a. %	7,23	31,38	6,6
Aminosavak: (g aminosav/100 g fehérje)			
Aszparaginsav	10,8	10,5	10,7
Treonin	4,6	4,2	4,7
Szerin	4,7	4,8	4,7
Glutaminsav	14,5	19,2	14,5
Prolin	6,1	6,6	5,8
Glicin	8,8	6,1	8,6
Alanin	6,7	5,9	6,9
Cisztin	0,8	1,2	1,0
Valin	4,2	4,1	4,4
Metionin	2,7	2,7	2,8
Izoleucin	3,7	3,5	3,9
Leucin	7,5	9,6	7,3
Tirozin	2,8	1,0	3,0
Fenilalanin	4,3	4,1	4,0
Hisztidin	2,3	3,5	2,3
Lizin	8,2	5,9	8,7
Arginin	5,8	4,7	6,4

Az első táblázatban láthatjuk a kémiai vizsgálatok eredményeit. Általánosságban elmondható, hogy míg a razbóra és a süllő testösszetétele nagymértékben hasonlít egymáshoz, addig a táp - több mértékben - lényegesen eltér a süllő testösszetételétől (nyers

fehérje, nyers zsír, nyersrost, N.m.k.a). Fontos lenne kiemelni két aminosavat a kapott eredmények alapján. Úgy tűnik, hogy a táp lizin tartalma 2%-kal kevesebb, mint a zsákmányhalé, illetve a süllőé, ami halak számára esszenciális 10 féle aminosav egyike (Cao és mtsai. 2012, Ketola 1982). Másik esszenciális aminosav az arginin, amiből szintén 1%-kal kevesebb található a tápban. Ezen aminosavak hiánya nagymértékben visszafoghatják a tömeggyarapodást.

Következtetések

Eredményeink alapján elmondható, hogy a természetes táplálék jobb tömeggyarapodást eredményez. Egyelőre a süllő genetikailag determinált növekedési erélyét - a kereskedelmi forgalomban kapható, eddigi tudományos eredmények, és gyakorlati tapasztalatok alapján kiválasztott - tápon messze nem vagyunk képesek kihasználni. A vizsgálat, és a kémiai vizsgálatok eredményei abba az irányba mutatnak, hogy a süllő tápanyag szükségletét nagy megbízhatósággal tudjuk becsülni, ha a táp összeállításakor a hal teljes testösszetételét vesszük alapul. Erre abból következtetünk, hogy a zsákmányhal testösszetétele közel hasonló a süllőéhez, míg a táp több paraméterben is eltér attól. Ezt támasztja alá, hogy a növekedés a természetes eleség esetében bizonyult jobbnak. Természetesen a téma ennél sokkal mélyebb takarmányozástani összefüggéseket hordoz magában, így ahhoz, hogy ezt a következtetést bebizonyítsuk, ennél jóval több és átfogóbb kísérletre van szükség. Az, hogy 2 esszenciális aminosav (lizin, arginin) esetében is lényeges eltérést sikerült megfigyelnünk a táp, és a zsákmányhal aminosav összetétele között, arra enged következtetni, hogy a süllő számára érdemes lenne a tápok aminosav tartalmát is optimalizálni, legalább a fent említett két aminosavra vonatkoztatva.

Irodalom

- Cao, J. M., Chen, Y., Zhu X, Huang, Y.H., Zhao, H.X., Li, G.L., Lan, H.B., Chen, B., Pan, Q. (2012) A study on dietary L-lysine requirement of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* *Aquaculture Nutrition* 18: 35-45.
- Ketola, H.G. (1982) Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets *Comp. Biochem. Physiol.* 73: 17-24.
- Schulz, C., Böhm, M., Wirth, M., Brennert, B. (2007) Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pikeperch fingerlings (*Sander lucioperca*) *Aquaculture Nutrition* 13: 373-380.
- Schulz, C., Huber, M., Ohunji, J., Brennert B. (2008) Effects of varying dietary protein to lipid ratio on growth performance and body composition of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) *Aquaculture Nutrition* 14: 166-173.
- Schulz C., Knaus U., Wirth M., Brennert B. (2005) Effects of varying dietary fatty acid profile on growth performance, fatty acid, body and tissue composition of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) *Aquaculture Nutrition* 2005 11: 403-413
- Schulz, C., Steffen, G., Wirth, M., Brennert, B. (2006) Growth performance and body composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) fed varying formulated and natural diets *Aquacult. Int.* 14: 577-586.
- Zakes, Z., Przybyl, A., Wozniak., Szczepkowski, M., Mazurkiewicz, J. (2004) Growth performance of juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) fed graded levels of dietary lipids *Czech J. Anim. Sci.*, 49: 156-163.

A NÉGYZETHÁLÓS KUKORICATERMESZTÉS GYAKORLATI KÉRDÉSEI

JOLÁNKAI PÉTER, STÉGER BENCE, TÓTH ZOLTÁN, DUNAI ATTILA

*Pannon Egyetem Georgikon Kar
8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 24.
jolankai@georgikon.hu*

A négyzethálóra vetett kukorica agrotechnológiai sajátosságait tanulmányoztuk Ramann-féle barna erdőtalajon, Keszthelyen. A 80 cm-es négyzethálón az egyes parcellákon 1, 2, illetve 3 tőre (1: 15625 tő/ha, 2: 31250 tő/ha, 3: 46875 tő/ha) állítottuk be a kukorica tőszámát. A négyzethálóra vetett kukoricát két irányból megkapáltuk, majd gyomláltuk. A szemtermés eredménye növekedett a tőszámmal, ahogy a hektáronkénti csőszám is, a növényenkénti csőszám és az ezerszemtömeg pedig csökkent. A nedves biomassza és a betakarításkori szemnedvesség a 2. tőszám kezelésben volt a legnagyobb.

Bevezetés

A négyzethálóra vetett kukorica termesztésénél az elsődleges cél a mechanikai gyomirtás elősegítése. A kukoricánövényeket egyenlő sor és tőtávra vetve két irányból lehetséges a sorközművelés. Ez a növényvédőszer nélküli technológiáknál az utólagos kézzel végzett kapálást vagy gyomlálást a sorba vetett kukoricához képest 20-25%-ra csökkenti. Ugyanakkor a gépi vetés a sorbavetéshez képest mindenképpen körülményesebb (Szabó 1952). Magyarországon köztermesztésben utoljára az 1950-es években kísérleteztek ezzel a technológiával, majd a 60-as években a beltenyésztett hibridek és a szelektív gyomirtószerek elterjedésével a Kolbai-féle ikersoros kukoricához hasonlóan végleg kikopott a termelési gyakorlatból. A sorbavetett, négyzethálós és ikersoros termesztéstechnológiákat összehasonlítva Pásztor (1962) arra az eredményre jutott, hogy a tenyészterület alakjának kisebb hatása van a szemtermésre, mint a hektáronkénti tőszámnak. Az 50 cm-es sortávra és 100 cm-es sortávra vetett, azonos hektáronkénti tőszámú kukorica között I'só (1966) nem tapasztalt jelentős terméskülönbséget. Az ötvenes években elterjedt négyzethálós kukorica termesztési technológia a tövenkénti egy növény a 70 x 70 cm-es rácson, ami hektáronként 20408 elméleti tőszámot jelent. Ez alacsony tőszámnak számít, ezért ajánlott volt a fészkenkénti több növény vetése. A fészkenkénti 4 növénytől kezdve a meddőség jelentett nagy problémát (Győrffy és I'só 1966). A sortáv növelése és a tőszám sűrítése termésdepressziót okozott azonos tőszám mellett az egy méteres sortáv felett (Győrffy 1962). A kukorica termesztés egyik sarkalatos pontja az alkalmazott hibrid tőszám kiválasztása. Vári és Pepó (2011) szerint különböző növényi sorrendbe illesztve a kukorica termések 60 ezer/ha állománysűrűségig a terméseredmények szignifikáns mértékben növekedtek, a 80 ezer/ha tőszám esetén már nem tapasztaltak szignifikáns mértékű termésnövekedést. Berzsényi és Lap (2003) 22 év kísérleti eredményeit elemezték. Ebből 18 évben a tőszámnak nagyobb hatása volt a kukorica termésére, mint a hibridhatásnak. Az aszályos években a kukorica fejlődésének a csapadék a limitáló tényezője. Kedvezőtlen csapadék ellátottságú években az 50-50 ezer tő/ha, kedvező csapadékellátottságú években a 70-90 ezer tő/ha, aszályos években a 30-40 ezer tő/ha bizonyult kedvezőnek. A tőszám többféle vetésváltási modell esetén sem mutatott összefüggést egyik agronómiai tulajdonsággal sem. Ugyanakkor száraz években az alacsony tőszámú kezelések kedvezőbbnek bizonyultak (Sárvári és mtsai. 1994, Molnár 2009). A nagyobb tőszám a betakarítási szemnedvességet növeli (Pálovics és Sárvári 2006). A hibridek optimális tőszámától való eltérése a termés mennyiségének a csökkenését vonja maga után (Sárvári 1995, Széll és Makhajda 2000, Berzsényi és Lap 2005).

Anyagok és módszerek

A kísérlet alapvető célkitűzése, hogy az optimális tőszámot megtaláljuk a négyzethálóra vetett kukoricánál. Ezért a kukoricát 80 cm-es rácsra vetettük, a kísérlet kezeléseit a rácspontonként egy, két, illetve három növény volt (hektáronkénti növényesség a 80-cm-es rács pontjainak egész számú többszöröse: 1: 15625 tő/ha, 2: 31250 tő/ha, 3: 46875 tő/ha.) A három kezelést négy ismétlésben végeztük el. A parcellák mérete 31,36 m², 64 négyzetpont. A vetést 2012. május 9-én végeztük el. A kukorica, viszonylag alacsony szintű tápanyagellátásban részesült (1. táblázat):

1. táblázat. A kukoricakísérlet tápanyagellátása. Keszthely 2012.

kg ha ⁻¹	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
összesen	38,4	38,4	38,4
tavasszal	18,9		
Σ	57,3	38,4	38,4

Az alkalmazott hibrid a PR37N01 volt, 300-as FAO számmal, melynek ajánlott tőszáma 68-80 ezer hektáronként. A vetés előtt a területet két irányból 80 cm-es jelölővel megvonaltuk, a kialakult rácspontokba vetőpuskával vetettük a megfelelő számú szemet. A mechanikai gyomirtást 65 cm-es munkaszélességű rotációs kapával végeztük két irányból, két alkalommal. A kétlevés állapotól kezdve a címerhányásig hetente mértük parcellánként egy rácspontban lévő növények magasságát, levél hosszúságát és szélességét, melyből a Montgomery képlettel (*Montgomery 1906 in Menyhért, 1985*) levélfelületet is számítottunk. A két gépi kapálás kiegészítésképpen háromszor végeztünk kézi gyomlálást-kapálást a tövek környékén, és a kukoricát ilyenkor fattyasztuk is. Az október 5. betakarításkor mértük az összes nedves biomasszatömeget, majd lemorzsoltuk a kukoricát, mértünk szemnedvességet, csutka-szem arányt, ezerszemtömeget.

Eredmények és következtetések

A kukorica állomány gyomszabályozása sikeres volt a kétirányú gépi kapálás és kézi gyomlálás kombinációjával: a betakarításig nem gyomosodott el az állomány. A levélfelület mérésekor nem találtunk statisztikailag igazolható kezeléshatást (2. táblázat).

2. táblázat. A kukorica levélfelületének (cm²) változása az egyes tőszámvariánsoknál, a vetéstől (2012.05.09) számított napokon. Keszthely 2012.

nap kezelés	41.	48.	55.	62.	69.	76.
1	3024	6640	8186	9062	8946	9649
2	2870	5916	7918	9650	9308	10128
3	2760	5247	7499	8596	8755	9350

A terméseredmények közül a szemtermés esetében találtunk növekvő tendenciát a tőszámok növekedésével párhuzamosan, de a négy ismétlés ellenére sem szignifikáns a köztük lévő különbség. A nedves biomassza esetében a 2-es kezelésben (31250 tő/ha) mértük a legmagasabb átlagtermést. Az ezerszemtömeg esetében a növekvő tőszámmal fordítottan arányosan csökkentek a mért értékek. A betakarításkori szemnedvesség a 2-es kezelésben bizonyult a legmagasabbnak. A növényenkénti csőszám az 1-es kezelésben 2,39 volt, a növényessűrűség növekedésekor lecsökkent a növényenkénti 0,97-os értékre. Ugyanakkor a hektáronkénti csőszám a legmagasabb tőszámú kezelésben volt a legnagyobb (3. táblázat).

3. táblázat. A kukoricakísérlet fontosabb terméseredményei

kezelés	szemtermés (tha ⁻¹)	nedves biomassza (tha ⁻¹)	ezerszemtömeg (g)	betakarításkori szemnedvesség (%)	növényenkénti csószám (db)	Hektáronkénti csószám (db)
1	6,65	17,60	340,82	15,83	2,39	37326
2	7,18	20,21	329,77	15,98	1,22	38194
3	8,00	18,98	306,34	14,83	0,97	45572
SzD5%	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,32	1555

Megállapítottuk, a kísérletben alkalmazott négyzethálóra vetés alkalmas a kukoricatermesztésre. A technológia legnagyobb előnye, hogy a mechanikai gyomszabályozást hatékonyabbá teszi a keresztirányú munka elősegítésével. A nagy precizitást igénylő vetés gépesítése nem megoldott. Kísérletünkben bár nem volt szignifikáns különbség a szemtermés tekintetében, a három kísérleti variáns közül a legnagyobb tőszámút (3, 46875 tő/ha) ajánlanánk a termesztőknek, mert ez közelíti meg legjobban az alkalmazott hibrid ajánlott növényesűrűségét. Az alacsonyabb tőszámú variánsok pedig az aszályos években nyújthatnak a nagyobb növényenkénti tenyészterület miatt jobb termésbiztonságot. A mai növénytermesztési gyakorlatban ott lehet létjogosultsága a négyzethálós kukoricának, ahol amúgy is gyomirtószerek nélkül gazdálkodnak, például vetőmagtermesztésnél, háztáji kukorica, vagy ökológiaigazdálkodásban.

Köszönetnyilvánítás

Jelen cikk a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekt keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- Berzsenyi, Z., Lap, D.Q. (2003) Kukorica- (*Zeamays* L.) hibridek növényesűrűség-reakciójának vizsgálata különböző függvényekkel kísérletsorozatban. *Növénytermelés*. Tom. 52: 147-165.
- Berzsenyi, Z. Lap, D.Q. (2005): Effect of sowing date, nitrogen fertilization and plant density on the dynamics of dry matter accumulation and yield formation of maize (*Zea mays* L.) hybrids *Cereal Res. Commun.* 33: 85-88.
- Györfly, B. (1962) Adatok a kukorica tenyészterületének alakjához és az ikersoros kukoricatermesztés értékeléséhez. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1958-60*. Szerk.: I'só I. Akadémiai könyvkiadó, Budapest. p 158-164.
- Györfly, B., I'só, I. (1966) in. *Növénytermesztés kézikönyve I.* szerk. Láng Géza Mezőgazdasági kiadó Budapest 1966. p 245.
- I'só, I. (1966): Kísérletek a kukorica tenyészterületének alakjával. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1961-1964*. Szerk. I'só I. Akadémiai kiadó, Budapest. p. 279-281.
- Lente, Á., Pepó, P. (2008) Az évjárat és néhány agrotechnikai tényező hatása a kukorica termésére csernozjom talajon. *Növénytermelés* 58: 39-51.
- Menyhért, Z. (szerk.): 1985. *A kukoricatermesztés kézikönyve*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Molnár, Z. (2009): A kukorica termésbiztonságát meghatározó néhány agrotechnikai tényező vizsgálata. Doktori disszertáció. Debrecen.
- Pálovics, B., Sárvári, M. (2006): Tőszám hatása a kukoricahibridek termésére. *Agrártudományi közlemények*, 2006/23. különszám p 50-60.
- Pásztor (1962): A tenyészterület alakjának hatása a kukorica termésére. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1958-60*. Szerk.: I'só I. Akadémiai könyvkiadó, Budapest. p 173-180.
- Sárvári, M. Szabó P., Zsoldos, M. (1994): Tőszám az optimumon. *Magyar Mezőgazdaság* 52: 14.
- Sárvári, M. (1995) A tőszám szerepe a kukoricatermesztési technológiában. *Növénytermelés* 44: 261-270.

- Szabó, K. (1952) *Mezőgazdasági géptan*. Mezőgazda kiadó
- Szél, E., Makhajda, J. (2000) A kukoricatermesztés fontosabb műveleteiről a jövedelmezőség jegyében. *Gyakorlati Agrofórum* 11: 65-69.
- Vári, E., Pepó, P. (2011) Az agrotechnikai tényezők hatása a kukorica agronómiai tulajdonságaira tartamkísérletben. *Növénytermelés* 60: 115-130.

HŐMÉRSÉKLET HATÁSA A BÚZAFAJTÁK (*TRITICUM AESTIVUM L.*) EGYEDFEJLŐDÉSÉRE

KARSAI ILDIKÓ, KISS TIBOR, BALLA KRISZTINA, TÓTH VIOLA, MAYER MARIANN,
VEISZ OTTÓ

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Kalászos Gabona Rezisztencia Nemesítési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
karsai.ildiko@agrar.mta.hu

A környezeti hőmérséklet fontos szerepet játszik a gabonafélék egyedfejlődésének szabályozásában, ennek ellenére e folyamat genetikai komponensei még kevésbé ismertek. Kísérleteinkben jellemeztük a termesztett búza hőmérsékletreakciójában meglévő természetes variabilitás mértékét. Ennek érdekében 21 különböző származású és életformájú búzafajta egyedfejlődését tanulmányoztuk részletesen, a vernalizációt követően 3 környezeti hőmérsékleten. A 11°C – 25°C tartományban a hőmérséklet növekedésével párhuzamosan növekedett az egyes egyedfejlődési stádiumhoz szükséges átlagos hőösszeg, amely együtt járt a főhajtás levélszám növekedésével, valamint a növénymagasság és a bokrosodás csökkenésével. A fajták között jelentős különbség volt kimutatható a hőmérsékletreakciójukban. A kalászolási rangsorok összehasonlítása alapján a fajták 38%-a viszonylagosan érzéketlen volt a hőmérsékletre, míg a maradék 13 fajta 5 csoportba osztva a hőmérséklet érzékenység különböző kombinációját képviselte.

Bevezetés

A nappalhossz mellett a hőmérséklet az egyik legfontosabb környezeti tényező, amely a növények egyedfejlődését összetett hatásrendszeren keresztül befolyásolja. A nappalhossz meghatározott és ismétlődő mintázatot követ évről évre, egy adott hely hőmérsékletében azonban jelentős fluktuáció mutatkozik az évszakok, sőt az évek között is.

A vernalizáció indukálta vegetatív – generatív fejlődési fázisok közti áttérés szabályozása mellett a környezeti hőmérséklet meghatározza a növények egyedfejlődésének ütemét is (*Atkinson és Porter 1996*). Gabonafélékben végzett vizsgálatok alátámasztották, hogy a hőmérséklet nemcsak a virágzás idejét befolyásolja, hanem a levelek, oldalhajtások, kalászkák képződésének ütemét és számát is (*Slafer és Rawson 1995*). A vernalizációs szint feletti hőmérséklettartomány növényekre gyakorolt hatása alapján két alapvető szintre osztható: (1) az optimálisnál alacsonyabb (szub-optimális) hőmérséklettartomány, amelyben a hőmérséklet emelkedése a fejlődés gyorsulását eredményezi, és (2) az optimálisnál magasabb (szupra-optimális) hőmérséklettartomány, amelyben a hőmérséklet további emelkedése már nincs gyorsító hatással az egyedfejlődésre, sőt bizonyos szinten túl az egyedfejlődés késleltetését válthatja ki (*Hay és Ellis 1998*). A mérsékelt égövben a növényeket naponta érheti szub- vagy supra-optimális hőmérséklethatás, amelynek érzékelése és az arra adott válaszreakció alapvető lehet a kedvezőtlen környezeti hatások kivédésében (*Ruelland és Zachowski 2010*).

Lúdfűben végzett vizsgálatok alátámasztották, hogy jelentős természetes variabilitás mutatkozik a vonalak környezeti hőmérsékletre adott válaszreakciójában és a hőmérsékletérzékelés számos genetikai komponensét azonosították (*Lempe és mtsai. 2005, Franklin 2009*). Búzában a fajták hőmérséklet reakcióját elsősorban növényfejlődési modellezésre használták eddig, és csak kevés információ található a hőmérséklet érzékelés genetikai komponenseire vonatkozóan (*Lobell és Ortiz-Monasterio 2007*). Mindezek alapján célunk a hőmérsékletérzékelés genetikai komponenseinek vizsgálata búzában. Ennek

érdekében első lépésként különböző genetikai térképező populáció szülőit vontuk vizsgálatokba, meghatározva egyedfejlődésüket a környezeti hőmérséklet függvényében.

Anyagok és módszerek

A kísérletbe 21 különböző származású és életformájú búzafajtát vontunk. A 45 napos vernalizációt követően a fajtákat 16 órás nappalhoszon neveltük fel 11, 18 és 25°C-os konstans hőmérsékleten az MTA ATK Mezőgazdasági Intézet 3 PGR típusú kamrájában.

Mindhárom hőmérsékleti kezelésem tenyészőcsúcs mintákat szedtünk 100, 200 és 300 hőösszegeknél (°Cnap), valamint a növényeket részletes fenológiai vizsgálatnak vetettük alá, amely kiterjedt a rendszeres (5 naponkénti) növénymagasság, oldalhajtás szám, és a főhajtás levélszámának meghatározására. Az így nyert adatmátrixból *Kiss és mtsai. (2011)* módszere alapján meghatároztuk az egyes fejlődési fázisokat [első szárcsomó megjelenése (DEV31), intenzív szárnövekedés kezdete (DEV30) és vége (DEVSEend), zászlós levél megjelenése (DEV37) és teljes kifejlődése (DEV39), kalász hasban (DEV49) és teljes kikalászolás (DEV59) stádiumok]. A fejlődési grafikonokból meghatároztunk több fejlődési paramétert is [fillokron (Phyll), végső levélszám (FLN), növekedési (bph) és bokrosodási ráta, intenzív szárnövekedés hossza (LSE), végső magasság (FPH), maximális oldalhajtás szám (TILLmax)].

Eredmények és következtetések

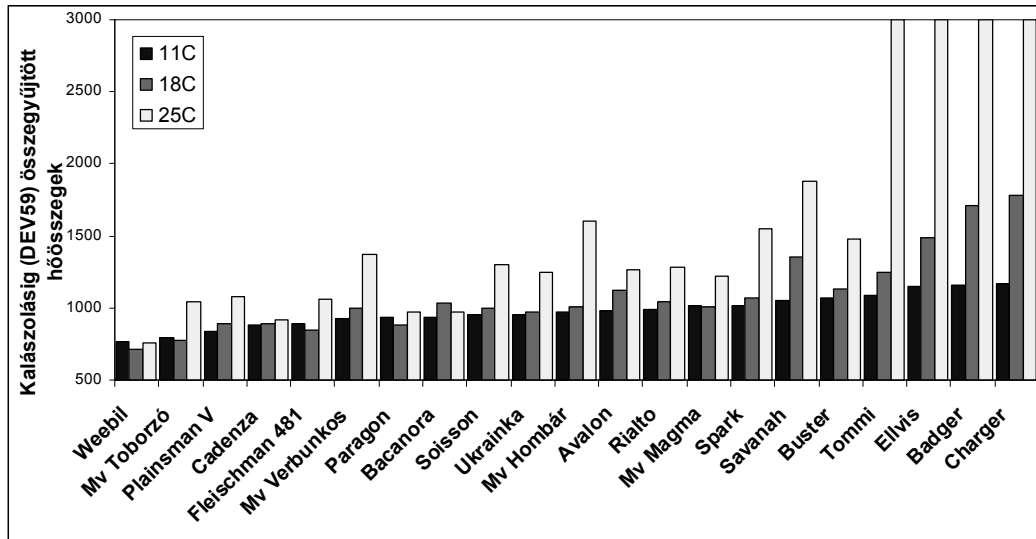
A hőmérséklet jelentős hatást gyakorolt a búzafajták egyedfejlődésére, mint főtényező az összes mért paramétert szignifikánsan befolyásolta (*1. táblázat*). A fajták átlagában 18°C és 25°C-on volt a leggyorsabb a kalászolás napokban számolva, azonban ehhez a hőmérséklet emelkedésével szignifikánsan egyre több hőösszege volt szükség. Ezzel párhuzamosan a fillokron (egy levél kifejlődéséhez szükséges hőösszeg) és a végső levélszám fokozatosan emelkedett, míg a szárnövekedési ráta hőösszege és a növénymagasság fokozatosan csökkent. A bokrosodás 11°C-on volt a legnagyobb és 25°C-on szignifikánsan a legkisebb. A genotípus, mint főtényező az intenzív szárnövekedés rátája és intervalluma kivételével az összes többi paramétert szignifikánsan befolyásolta. A vizsgált fajták egyedi reakcióját jelezte a szignifikáns genotípus × hőmérséklet kölcsönhatás.

1. táblázat. A környezeti hőmérséklet hatása a 21 búzafajta fejlődésére a kéttényezős ANOVA és a hőmérsékleti átlagok alapján

Paraméterek	Kéttényezős ANOVA MS értékek				Fajta átlagok			
	Genotípus (G)	Hőmérséklet (H)	G × H	Hiba	11°C	18°C	25°C	SzD _(5%)
DEV59 (nap)	3917***	20709***	562***	6	89	61	63	3,4
DEV59 (°Cnap)	1666087***	8303062***	489354***	1842	978	1093	1571	60,0
Phyll (1/b x °C)	534***	8790***	109		83	99	124	6,5
FLN (No)	47***	96***	7***	0,4	10,2	11,0	12,3	0,9
bph (1/b x °C)	1132	5836**	1090		41	14	12	20,6
LSE (°Cnap)	24130	87628*	23330		463	344	359	95,2
FPH (cm)	1068***	10716***	102**	8	49	36	27	4,1
TILLmax (No.)	85***	187***	5***	1,8	8,5	8,0	5,7	1,9

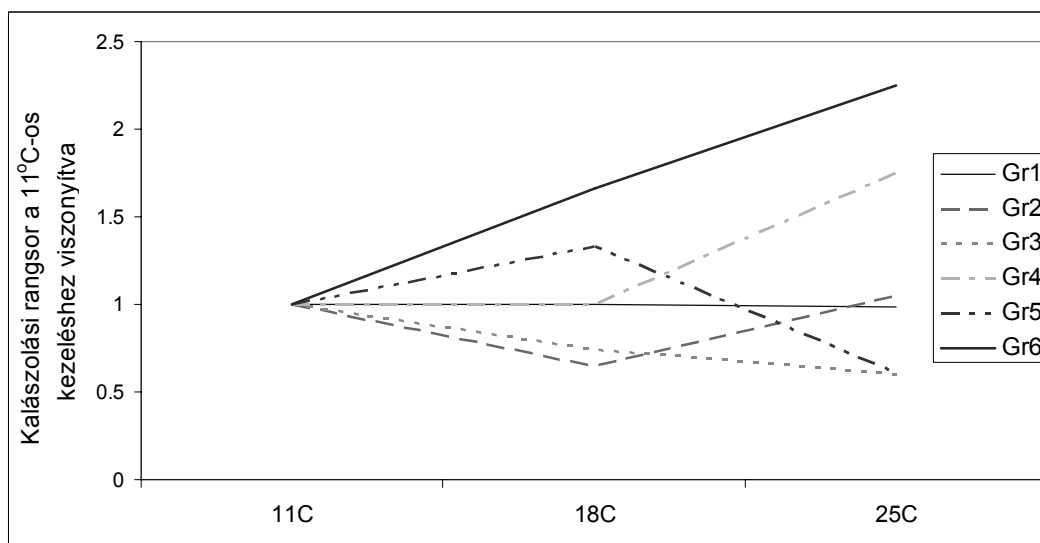
A három hőmérsékleten a DEV59-es stádiumig összegyűjtött hőösszegek között szoros pozitív korreláció állt fenn. Ennek értéke a 11°C és 18°C kezelések között volt a legnagyobb ($r=0,91$), míg a 11°C és 25°C kezelések között a legkisebb ($r=0,86$). Az egyéni fajtareakciók grafikonja jól szemlélteti ezt az összefüggést (1. ábra). 11°C-on a fajták 69 – 106 napos intervallumban kalászoltak ki (763 – 1166 hőösszeg); a legkorábbi a CYMMIT nemesítésű Weebil, míg a legkésőbbi az angol Charger fajta volt. Ehhez viszonyítva 18°C-on főleg a

későbbi fajták közül kerültek ki azok a genotípusok, amelyek nagyobb hőösszeg növekedést mutattak. A 25°C-on mért értékeket azonban már jelentősebb szórás jellemezte a teljes fajtakörön belül, függetlenül a 11°C-on kapott kalászolási időktől. Ezen a hőmérsékleten a négy legkésőbbi fajta – Tommi, Elvis, Badger és Charger – nem volt képes kikalászolni, annak ellenére, hogy a tenyészőcsúcsuk már generatív fázisban, azon belül is a kalászka differenciálódás késői fázisában volt. A magasabb hőmérséklet e fajták intenzív szárnövekedésének beindulását gátolta jelentős mértékben.



1. ábra. Búzafajták kalászolási jellemzői különböző hőmérsékleten (mértékegység hiányzik az y tengelyről)

A különböző hőmérsékleten meghatározott kalászolási idő rangsorainak összehasonlításával jellemzett hőmérséklet reakció alapján 6 alapvető csoportot tudunk azonosítani a 21 fajta körében (2. ábra). Ezek közül az 1. csoport a hőmérsékletre relatíve érzéketlen fajtákat, míg a 3. és 6. csoport a hőmérsékletre érzékeny fajták alaptípusait képviselte.



2. ábra. 21 búzafajta körben azonosított jellemző hőmérséklet reakciójú csoportok a kalászolási idő rangsorainak összehasonlítása alapján (Gr1=1.csoport stb.)

A hőmérsékletre érzéketlen fajták csoportja (1. csoport) volt a legnépesebb, amelybe 8 genotípus tartozott: Weebil, Spark, Savannah, Rialto, Tommi, Elvis, Badger és Charger. Ezek többségére a legkorábbi Weebil kivételével a késői kalászás volt a jellemző. A 3. csoport hőmérséklet érzékenysége abban nyilvánult meg, hogy az ide tartozó fajták (Paragon, Mv Magma, Buster) a magasabb hőmérséklettel párhuzamosan egyre előrébb kerültek a kalászás ide rangsorában, azaz viszonylagosan korábbiakká váltak. A 6. csoport fajtái (Plainsman V, Mv Verbunkos) ezzel szemben a hőmérséklet emelkedésével fokozatosan hátrább kerültek a rangsorban.

A kísérletben meghatározott eredmények alapján kiválasztható azok a térképező populációk, amelyek szülői eltérő hőmérséklet reakciójúak. E populációk fenotípusos jellemzése, QTL elemzése hozzájárulhat a hőmérséklet érzékelés genetikai komponenseinek azonosításához búzában.

Köszönetnyilvánítás

A munkát az OTKA NK72913, az OTKA 80781, és az EU-FP7 Adaptawheat pályázat támogatta.

Irodalom

- Atkinson, D., Porter, J.R. (1996) Temperature, plant development and crop yields. *Trends in Plant Sci.*, 1:119-124
- Franklin K.A. (2009) Light and temperature signal crosstalk in plant development. *Curr. Opin. in Plant Biol.* 12: 63–68.
- Hay, RKM, Ellis, RP (1998) The control of flowering in wheat and barley: what recent advances in molecular genetics can reveal. *Ann. Bot.* 82:541-554
- Kiss T., Balla K., Veisz O., Karsai I. (2011) Elaboration of a non-destructive methodology for establishing plant developmental patterns in cereals. *Acta Agron. Hung.* 59: 293–301.
- Lempe J., Balasubramanian S., Sureshkumar S., Singh A., Schmid M., Weigel D. (2005) Diversity of flowering responses in wild *Arabidopsis thaliana* strains. *PLoS Genetics* 1, e6
- Lobell D.B., Ortiz-Monasterio J.I. (2007) Impacts of day versus night temperature on spring wheat yields: a comparison of empirical and CERES model predictions in three locations. *Agron. J.* 99: 469–477.
- Ruelland E., Zachowski A. (2010) How plants sense temperature. *Environ. and Exp. Botany* 69:225–232.
- Slafer, G.A., Rawson H.M. (1995) Base and optimum temperatures vary with genotype and stage of development in wheat. *Plant, Cell and Environment* 18:671-679.

ELTÉRŐ VETÉSIDŐ HATÁSA A BÚZA (*TRITICUM AESTIVUM* L.) EGYEDFEJLŐDÉSÉRE

KISS TIBOR, BALLA KRISZTINA, BÁNYAI JUDIT, VEISZ OTTÓ, KARSAI ILDIKÓ

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Kalászos Gabona Rezisztencia Nemesítési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
kiss.tibor@agr.ar.mta.hu

Három különböző vetésidőben 18 búza genotípus fenológiai elemzését végeztük el azzal a céllal, hogy meghatározzuk az egyes egyedfejlődési fázisok kezdetét, a terméskomponenseket, illetve az összefüggéseket a vetésidő függvényében. Az egyedfejlődési fázisok közül az intenzív szárnövekedés kezdete volt az, amelyet a vetésidő legnagyobb arányban befolyásolt, míg a genotípus hatása nem volt szignifikáns. Az őszi vetésekre jellemző hosszabb vegetációs periódus a főkalász hosszára és a kalásonkénti kalászka számra is kedvező hatással volt, az ezerszemtömeget, illetve a kalásonkénti átlagos szemszámot azonban nem befolyásolta. A három különböző vetésidőben meghatározott egyes terméskomponensek mintázataiban szignifikáns szintű eltéréseket mutattunk ki a produktív oldalhajtások számában, a mellékkalások szemszámában, és a szemtermés súlyában.

Bevezetés

A gabonafélék különböző ökológiai igényekhez való alkalmazkodásuk jellemzésére használt egyik legelterjedtebb módszer a növényi egyedfejlődési mintázat és a virágzási idő tanulmányozása. Minden egyes egyedfejlődési fázis kezdetét és hosszát nagymértékben befolyásolhatják a környezeti tényezők (főleg a hőmérséklet és a nappalhossz), a növények genetikai összetétele és ezek egymásra gyakorolt kölcsönhatása is (Borras és mtsai. 2009). Az egyes fázisok időbeli lefolyásának ismerete fontos információt adhat a nemesítőknek az adott genotípus potenciális termőképességének meghatározásához (Gonzales és mtsai. 2005). Az intenzív szárnövekedés kezdetének időbeli eltolódása lehetőséget nyújthat a kora tavaszi fagyok káros hatásainak a kivédéséhez, illetve a korai szemtelítődési folyamat hozzájárulhat a kora nyári hőség és száraz periódus elkerüléséhez (Fowler és mtsai. 2001). Az egyes egyedfejlődési fázisok időtartama jelentősen befolyásolhatja a búza termőképességét. A hosszabb vegetatív fázis több biomasszát eredményez (a tápanyagok raktározására hosszabb periódus áll rendelkezésre), a hosszabb szárnövekedési fázis megnövelheti a fertilis virágok számát, míg a hosszabb szemtelítődési periódus megnövelheti a kalások átlagos szemsúlyát (Redmon és mtsai. 1996, Whitechurch és Slafer 2001). Az egyes növekedési fázisok adatainak felhasználása azonban a nemesítési programokban még jórészt korlátozott, mivel genetikai szabályozómechanizmusuk nem kellőképpen tisztázott.

Kísérletünk fő célja az volt, hogy egy változatos kalászolási mintázattal rendelkező búzafajta körben összefüggéseket azonosítsunk a különböző vetési időpontok és az egyes egyedfejlődési fázisok, illetve a terméskomponensek között.

Anyagok és módszerek

A teljes növényi minta (18 búza genotípus) az MTA-ATK Mezőgazdasági Intézet őszi búza génbankjából származott. A genotípusok egyedfejlődési és növekedési fázisainak jellegzetességeit szántóföldi kísérletekben (Martonvásár, Közép-Magyarország) határoztuk meg 2012 évben, melyhez két őszi [2011. 10. 14. (első vetésidő kísérlet) és 2011. 11. 14. (második vetésidő kísérlet)] és egy tavaszi [2012. 03. 22. (harmadik vetésidő kísérlet)] vetésidőpontot választottunk. A tavaszi vetést megelőzően a genotípusokat 60 napos vernalizációs kezelésnek vetettük alá +3°C-on, hogy a vizsgált

genotípusok vernalizációja teljesen mértékben befejeződjön. Minden genotípusból 5-5 egészséges és közel egyforma növényt kiválasztottunk, amelyeken rendszeresen felvételeztük a genotípusok magasságát (hetente két alkalommal) és három egyedfejlődési fázist, amelyek a következők: DEV31 (az első szárcsomó megjelenése a főhajtás alapi részénél), DEV49 (a kalász a zászlós levél hüvelyének felső részében helyezkedik el) és a DEV59 (a kalász teljes mértékben kiemelkedett a levélhüvelyből), Tottman és Makepeace 1979 alapján. A DEV31, DEV49 és DEV59-es fázisokat 2012. január 1-től az adott egyedfejlődési szakasz eléréséig szükséges idő napokban kifejezett értékei alapján határoztuk meg.

A rendszeres növénymagasság mérési adatok idő függvényében történő ábrázolása alapján illesztett regressziós egyenesek lehetővé tették az intenzív szárnövekedés kezdetének (DEV30) és végének (DEVSEvége) meghatározását Kiss és mtsai. (2011) módszere alapján. A növényeket a teljes érésig felneveltük és a következő terméskomponensek kerültek egyedenkénti felvételezésre: a produktív oldalhajtások száma, a főkalász kalászsza száma, szemszáma és szemsúlya, a mellékalászkok szemszáma és szemsúlya. A statisztikai elemzéshez egy- és kéttényezős variancia-analízist alkalmaztunk.

Eredmények és következtetések

Az általunk felvételezett és meghatározott egyedfejlődési paraméterek (DEV30, DEV31, DEV49, DEV59, DEVSE vége) idejének és hosszának napokban kifejezett átlagértékeit a vizsgált genotípusokra az 1. táblázatban foglaltuk össze. Az eredmények alapján elmondható, hogy a harmadik (tavaszi) vetésidő kísérletben a növényeknek átlagosan kevesebb napra (105) volt szükségük ahhoz, hogy megkezdjék az intenzív szárnövekedési fázist (DEV30), míg a másik két vetésidő (őszi) kísérlet esetében ez az érték átlag 110 és 114 nap volt. A főhajtás első szárcsomójának megjelenéséhez szükséges idő az első vetésidő kísérletben volt a legalacsonyabb, ami átlagosan 103 nap volt, ezt követte a harmadik kísérlet átlag 105 nappal, majd a második 108 nappal. Az intervallumok között nem volt kimutatható különbség. A két őszi vetésben a fajták átlagában az első szárcsomó megjelenése és az intenzív szárnövekedés kezdete között közel egy hét telt el (1. vetésben 7 nap, a 2. vetésben 6 nap). Ezzel szemben a tavaszi vetésben a szárcsomó megjelenése egybeesett az intenzív szárnövekedés kezdetével (a fajták átlagában a DEV30 és DEV31 közti különbség 0 nap).

1. táblázat. A vizsgált 18 búzafajta egyedfejlődési és morfológiai mintázatának kéttényezős variancia-analízise a három vetési időpont függvényében

Jelleg	Teljes SS	SS (%)				1. vetés	2. vetés	3. vetés	LSD (0.05)
		Fajta (C)	Vetés (S)	(C)×(S)	Hiba				
DEV30 [nap]	1335	20,4	54,5***	25,1		110	114	105	2.9
DEV31 [nap]	3968	40,0***	22,1***	24,8***	13,1	103	108	105	3.5
DEV49 [nap]	5716	59,4***	20,6***	14,1***	5,9	127	130	124	2.9
DEV59 [nap]	9251	41,1***	39,3***	13,7***	5,9	136	141	130	3.6
DEVSEvége [nap]	1178	79,7***	5,1	15,2		135	138	136	2.1

*** szignifikáns szintű kapcsolatot jelölve $P \leq 0,001$ tartományban

A kalászolást meghatározó egyedfejlődési fázisok (DEV49 és DEV59) esetében a legalacsonyabb értékeket a harmadik kísérletben mértük (124 és 130 nap). A kalász megjelenésének a zászlós levél levélhüvelyében (DEV49) és a teljes kikalászolás (DEV59) között eltelt napok (DEV59-DEV49) átlagos értékei alapján elmondható, hogy a vizsgált genotípusok a harmadik vetésidő kísérletben hamarabb kikalásztak (átlag 6 nap), mint a másik két kísérlet során (átlag 9 és 11 nap). A vegetatív fázis az első őszi vetésidőben volt a leghosszabb, jelentős bokrosodást eredményezve, a képződött oldalhajtások nagy aránya későbbiekben produktívnak bizonyult. Ezzel szemben a vegetatív fázis a tavaszi vetésben

jelentősen lerövidült, mivel a növények a kiültetéskor rögtön induktív környezetbe kerültek. Ez gyors szárba induláshoz vezetett, amivel párhuzamosan a bokrosodás és ennek következtében a produktív oldalhajtások száma is jelentős mértékben lecsökkent. Az őszi vetésekben a vegetatív fázis hosszát tovább nyújtotta az is, hogy az első szárcsomó megjelenését követően átlagosan még egy hét telt el az intenzív szárnövekedés kezdetéig. Emellett az egyedfejlődési fázisok közül az intenzív szárnövekedés kezdete volt az, amelyet a vetésidő legnagyobb arányban befolyásolt, míg a genotípus hatása nem volt szignifikáns. A tavaszi vetésben a felgyorsult fejlődést jelzi az is, hogy a szárcsomó megjelenése és az intenzív szárnövekedés kezdete egy időben következett be.

A terméskomponensek kéttényezős variancia analízise alapján, a vetésidő, mint főkomponens kisebb hatást gyakorolt ezekre a tulajdonságokra, mint ami az egyedfejlődési paramétereknél tapasztaltunk (2. táblázat). Három terméskomponens (a produktív oldalhajtásszám; a szem/oldalhajtás és a szemtermés) varianciáját befolyásolta nagyobb mértékben a vetésidő, de ezeknél is elsősorban a genotípussal való kölcsönhatásán keresztül a fenotípusos variancia 38,7; 40,8 és 43,8%-át magyarázta. A vetésidő a főkalász ezerszem tömegére, a kalászkában mért szemszámra és a főkalász szemszámára volt a legkisebb hatással (1, 2,4, és 3,7%). A fajtahatás a kalásonkénti kalászka számra volt a legnagyobb (a fenotípusos variancia 65,5%-át kiteve), míg a növényenkénti szemtermésre a legkisebb (14,9%) hatással. Az őszi vetésekre jellemző hosszabb vegetációs periódus a főkalász hosszára és a kalásonkénti kalászka számra is kedvező hatással volt, az ezerszemtömeget, illetve a kalásonkénti átlagos szemszámot azonban nem befolyásolta. Kísérletünkben a három vetésidő közti szemtermésben kimutatható szignifikáns különbség elsősorban a produktív oldalhajtások számában mutatkozó csökkenésre volt visszavezethető.

2. táblázat. A vizsgált 18 búzafajta terméskomponenseinek kéttényezős variancia-analízise a három vetési időpont függvényében

Jelleg	Teljes SS	SS (%)				1. vetés	2. vetés	3. vetés	LSD (0.05)
		Fajta (C)	Vetés (S)	(C)×(S)	Hiba				
Kalászhossz [cm]	500	37,6***	37,6***	13,2***	11,7	11,7	10,9	9,5	1,2
Kalász sűrűség [%]	17,9	66,0***	9,5***	12,6***	11,9	1,9	2,0	2,1	0,2
Kalászkaszám	1573	65,5***	15,7***	7,3***	11,6	21,9	21,9	19,6	2,1
Szem/Kalászka	50,5	52,1***	2,4***	33,2***	12,2	2,8	2,7	2,9	0,4
Szem/Főkalász	27453	44,4***	3,7***	35,6***	16,3	61,5	59,0	56,2	10,4
Ezerszemtömeg/ Főkalász [g]	10761	53,3***	1,0***	28,7***	17,0	41,1	39,3	40,1	6,7
Produktív oldalhajtásszám	5355	24,1***	24,5***	38,7***	12,6	15	11	9	4,0
Szem/Oldalhajtás	7633249	19,8***	26,4***	40,8***	13,2	524	347	301	156
Átlag szemszám/ Mellékkalász	16581	47,1***	5,8***	35,4***	11,6	39	34	38	6,8
Átlagos ezerszemtömeg [g]	7475	56,2***	7,5***	25,9***	10,5	39,6	36,4	36,0	4,4
Szemtermés [g]	14612	14,9***	30,3***	43,8***	11,1	23,2	15,0	12,7	6,3

*** szignifikáns szintű kapcsolatot jelölve $P \leq 0,001$ tartományban

A kísérlet adatai alapján megállapítható, hogy az egyes vetésidők a vizsgált genotípusok növekedési dinamikájában, egyedfejlődési és terméskomponens mintázataiban jelentős különbségeket okoztak. Mivel a termés kialakulása végső soron a növény által megtermelt asszimiláták mennyiségétől és annak a növény különböző részei között történő eloszlásától függ, érthető módon a különböző fejlődési fázisok hossza és egymáshoz viszonyított aránya

meghatározó az egyes terméskomponensek szempontjából (Slafer és mtsai. 1996, Araus és mtsai. 2002). Távlati célunk, egy széles genetikai változatosságot mutató genotípus gyűjteményben további összefüggések leírása az egyedfejlődési és terméskomponenseket befolyásoló gének és a környezeti paraméterek közötti kapcsolatrendszer terén. Ehhez a munkához is segítséget nyújt ezen tanulmány adataiból levont következtetések.

Köszönetnyilvánítás

A munkát az OTKA NK72913 és az OTKA 80781 pályázat támogatta.

Irodalom

- Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P., Royo, C. (2002) Plant breeding and water relations in C3 cereals: what to breed for? *Ann. Bot.* 89: 925-940.
- Borras, G., Romagosa I., van Eeuwijk, F., Slafer, G.A. (2009) Genetic variability in duration of pre-heading phases and relationships with leaf appearance and tillering dynamics in a barley population. *Field Crops Res.* 113: 95-104.
- Gonzalez, F.G., Slafer, G.A., Miralles, D.J. (2005) Photoperiod during stem elongation in wheat: is its impact on fertile floret and grain number determination similar to that of radiation? *Funct. Plant Biol.* 32: 181-188.
- Fowler, D.B., Breton, G., Limin, A.E., Mahfoozi, S., Sarhan, F. (2001) Photoperiod and temperature interactions regulate low-temperature-induced gene expression in barley. *Plant Physiol.* 127: 1676-1681.
- Kiss, T., Balla, K., Veisz, O., Karsai, I. (2011) Elaboration of a non-destructive methodology for establishing plant developmental patterns in cereals. *Acta Agron.Hung.* 59: 293-301.
- Redmon, L.A., Krenzer, E.G., Bernardo, D.J., Horn, G.W. (1996) Effect of wheat morphological stage at grazing termination on economic return. *Agron. J.* 88: 94-97.
- Whitechurch, E.M., Slafer, G.A. (2001) Responses to photoperiod before and after jointing in wheat substitution lines. *Euphytica* 118: 47-51.
- Tottman, D.R., Makepeace, R.J. (1979) An explanation of the decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations. *Ann. Appl. Biol.* 93: 221-234.
- Slafer, G.A., Calderini, D.F., Miralles, D.J. (1996) Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. In: Reynolds M.P., Rajaram S., McNab A. (Eds.), *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers*, CIMMYT, Mexico DF.

A NITROGÉN-KEZELÉS HATÁSA BURGONYAFAJTÁK KLOROFILL TARTALMÁRA

KOLLARICSNÉ H. MARGIT¹, ARANYI NIKOLETT RÉKA², TALLER JÁNOS¹,
HOFFMANN BORBÁLA¹

¹Pannon Egyetem Georgikon Kar
Növénytudományi és Biotechnológiai Tanszék
8360 Keszthely, Festetics u. 7.
khmargit@gmail.com

²MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Kalászos Gabona Rezisztencia Nemesítési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.

A kísérletünkben burgonya genotípusok (White Lady, Katica, Hópehely, Chipke, S440) relatív klorofill tartalmát vizsgáltuk három nitrogén ellátottsági szinten. Három hetes, 50%-os Hoagland tápoldattal, homokban, gumóról nevelt növényeket kezeltünk 0,75, 3 és 7,5 mMol nitrát koncentrációra módosított tápoldattal, 42 napon keresztül. A kezelést megelőző (0.) napon, a kezelés 1., 3., 7. napján majd ezt követően hétnaponta relatív klorofillmérést végeztünk SPAD-502-es hordozható klorofill-méterrel. A kezelés megkezdése előtt (0.nap), azonos, bőséges nitrogén ellátás mellett a Katicánál mértük a legnagyobb relatív klorofill tartalmat, a legalacsonyabb pedig az S440-nél volt. A genotípusok közül a White Lady reagált a leggyorsabban és legmarkánsabban a kezelésekre, amiből arra következtethetünk, hogy ez a fajta érzékeny a nitrogénellátottságra. A leggyengébb reakciót az S440-nél figyeltük meg. A kísérlet végére, a 42. napra, minden genotípusnál szignifikáns különbség alakult ki a relatív klorofill tartalmakban a különböző nitrogén ellátottsági szintek között. A vizsgált fajtáknál a bőséges nitrogén ellátáshoz képest a csökkentett nitrát tartalmú tápoldattal kezelt növényeknél eltérő mértékben esett vissza a relatív klorofill tartalom. A közepes nitrát adagú kezelésben a legnagyobb mértékű csökkenést a Hópehelynél és a Katicánál figyeltük meg, a legalacsonyabb nitrogén ellátású kezelésben a Katica és az S440 esetében.

Bevezetés

A növénytermesztésben felhasznált nitrogén műtrágya előállításához a világ energia fogyasztásának 1,2%-át használjuk fel (Konghaug 1998). A talajba kijuttatott nitrogén műtrágyának azonban egy jelentős hányada nem hasznosul a növény számára (Galloway és Cowling 2002), hanem a felszíni vizekbe, vagy a talajvízbe kerül, illetve a talaj mikroorganizmusok denitrifikálják és a nitrogén egy része (dinitrogén-oxid vagy ammónium formában) a légkörbe kerül, súlyosan terhelve a környezetet. Kevésbé ismert, hogy a N₂O üvegház-hatása 296-szorosa a CO₂-nak (IPCC 2001)!

Több szerző számítása szerint a kijuttatott műtrágyának átlagosan csak a felét veszik fel a növények, amely azután megoszlik a hasznosuló és a többi növényi rész között. Amennyiben ezt az értéket növelni tudnánk, annak igen jelentős gazdasági haszna és kedvező környezeti hatása lenne. Indokolt tehát a törekvés, hogy javítsuk a kijuttatott N-műtrágya hatékonyságát.

Az agrotechnikai eljárások mellett szükség van a tápanyagot jobb hatásfokkal hasznosító fajtákra, melyek a környezetkímélő növénytermesztés biológiai alapjait adhatják. A termőképesség genetikai variabilitásának megnyilvánulása nagyban függ a N-ellátottságtól. A genotípus × tápanyagellátás kölcsönhatás létezését számos kutató bizonyította. Továbbá a különböző agronómiai jellegek közötti korreláció is erősen függ a N-ellátottságtól. A növények nitrogén táplálkozásában meghatározó a genotípusos különbségek feltárása lehetővé teszi a nitrogén hasznosító képesség javítását. Az AC Burgonyakutatási Központ fajtáinak, nemesítési anyagainak vizsgálata a nitrogén hasznosító képesség tekintetében a

közelmúltban megkezdődött (*Hoffmann és mtsai. 2010*), melynek folytatásaként elkezdjük a részletesebb elemzéseket.

A növényi növekedés és szárazanyag termelés szempontjából legmeghatározóbb anyagcsere folyamat a fotoszintézis, a legfontosabb fotoszintetikus pigment pedig a klorofill, melynek képződéséhez elengedhetetlen a nitrogén jelenléte. A levelek relatív klorofill tartalma és nitrogéntartalma között erős korrelációs kapcsolat van (*Jongschaap és Booij 2004*), ezért a klorofill tartalom alkalmas lehet a várható növényi biomassa előrejelzésére.

Kísérleteink célja: a keszthelyi Burgonya Kutatási Központ nemesítési anyagaiban meglévő különbségek feltárása, ezek genetikai hátterének vizsgálata, majdezen eredmények alapján javított nitrogén hasznosító képességű fajták nemesítése.

Anyagok és módszerek

A kísérleteinkbe 5 burgonya genotípust vontunk be: a White Lady, Katica, Hópehely, Chipke keszthelyi fajtákat, illetve az S440 nemesítési vonalat. A növények nevelése a Burgonyakutatói Központ temperálható üvegházában történt. A kísérletet 2013 márciusában indítottuk, gumóról, az ültetőközegsteril (tápanyagmentes) kvarchomok #30 (600 μm) volt. Három literűrtartalmú tenyészedényeket használtunk, melyekbe 1 db. – átlagosan 50,7 g tömegű – gumót ültettünk. A kísérletet kezelésként 3 ismétléssel, randomizált elrendezésben valósítottuk meg.

A növényeket 3 hetes korukig egységesen 50%-os Hoagland tápoldattal (*Hoagland és Syder 1933*) öntöztük. A kezelés megkezdésétől a növényeket három különböző nitrát koncentrációjú Hoagland tápoldattal öntöztük 42 napon keresztül. Bőséges nitrogénellátást biztosított a 7,5 mMol koncentrációjú, alap Hoagland tápoldat, közepes nitrogénellátásnak felel meg a 3 mMol-ra, és alacsony ellátásnak a 0,75 mMol NO_3^- koncentrációra módosított Hoagland tápoldat.

Minden növény azonos mennyiségű folyadékot kapott végig a kísérlet folyamán. Hetente átlagosan 400 ml alap, illetve a kezeléshez módosított Hoagland tápoldatot öntöztünk, amit a növények hőmérséklettől függő igényének megfelelően, desztillált vízzel egészítettünk ki.

A kezelést megelőző (0.) napon, a kezelés 1., 3. és 7. napján, majd ezt követően hétnaponta klorofill mérést végeztünk, melyhez a roncsolás nélküli mérést lehetővé tevő SPAD-502-es (Konica Minolta, Osaka, Japán) hordozható klorofill-métert használtunk. Minden mintavételi napon növényenként 10 mérést végeztünk a levél színén, a fő ereket elkerülve (*Jongschaap és Booij 2004*). A méréseket Dobos és mtsai. (2011) eredményei alapján a burgonya középső lombosztályán végeztük, mert ennek a lombosztálynak az átlagos SPAD értéke megegyezik a teljes lombzat SPAD érték átlagával.

A statisztikai elemzést az SPSS 20.0 for Windows statisztikai programcsomaggal végeztük UNIANOVA és TUKEY post hoc teszt (*Tukey 1977*) segítségével.

Eredmények és következtetések

A kezelés megkezdése előtt (0.nap) azonos, bőséges nitrogén ellátás mellett a Katicánál (49,620) mértük a legnagyobb relatív klorofill tartalmat, ezt követte a White Lady (48,937). Alacsonyabb értéket mutatott a Chipke (45,974) és a Hópehely (44,683), a legalacsonyabb relatív klorofill tartalmú pedig az S440 (38,440) volt. Ez utóbbi nemesítési vonalnál erősen jelentkezett az Y-vírus levélfoltosság tünete, ami nagyban befolyásolta a mérési eredményeket, erősen megnövelve a szórás értékét is.

A SPAD mérések átlagát és szignifikanciáját a 1. táblázat mutatja. A kezelés megkezdése előtt, az egyes genotípusokon belül nem találtunk szignifikáns különbséget. Bőséges nitrogén ellátottsági szint (7,5 mM NO_3^- konc.) mellett a növények relatív klorofill tartalma a 7. – S440 esetében 14. – napig, azaz 4 hetes korukig növekedett, majd a lombzat öregedésével fokozatosan csökkent.

1. táblázat. SPAD értékek alakulása a vizsgált genotípusoknál

Genotípus és NO ₃ kezelés (mMol)	SPAD értékek főátlaga								
	0. nap	3. nap	7. nap	14. nap	21. nap	28. nap	35. nap	42. nap	
Chipke	0,75	45,4 bc	46,7d	45,9cde	40,9 de	36,4bcd	33,0 bc	22,2 a	21,0 a
	3	47,8cd	52,3 fg	48,1efg	45,4fg	39,0f	38,0fg	24,5 b	23,1 b
	7,5	45,5bc	44,8 cd	46,7 def	44,3 f	41,0 g	37,8fg	26,2bc	26,1de
Hópe- hely	0,75	44,8bc	42,1 b	41,0 b	38,2 bc	34,1a	30,8a	30,5ef	24,4bc
	3	44,8bc	43,9bc	40,7 b	40,3 cd	34,5 ab	34,3cd	32,8g	26,8de
	7,5	44,5 b	43,8 bc	44,1c	43,1 ef	36,9 cde	40,5h	36,2 h	32,1 g
Katica	0,75	48,6d	46,6 d	44,8 cd	39,2bcd	35,3 ab	33,0 bc	31,0f	20,1 a
	3	50,0 d	49,9 ef	48,8 fg	44,8 fg	38,3def	40,0 h	37,1 h	27,3e
	7,5	50,0d	50,0 ef	49,5g	44,9fg	42,4 gh	43,2 i	43,5j	32,4 g
S440	0,75	38,0 a	37,1 a	35,3 a	35,0 a	34,3 c	31,3a	21,3a	21,0a
	3	39,8 a	34,9a	35,5 a	37,0 ab	35,8 bc	31,9ab	25,9 bc	25,5cd
	7,5	37,5 a	36,8 a	35,5a	36,9 ab	36,9 ab	35,0de	28,9de	28,7 f
White Lady	0,75	47,8cd	45,5 cd	45,6 cd	39,4 cd	36,5 b	36,5 ef	27,6cd	23,3b
	3	48,9d	49,4e	49,1g	43,1 ef	38,4 b	39,2gh	36,7 h	29,7 f
	7,5	50,4d	52,9g	52,4h	47,0 g	43,5 a	44,2i	41,0i	33,7 h

A különböző betűk a kezelések közötti szignifikáns különbséget jelzik: az adott mintavételi időpontban a genotípusok és kezelések között. $P < 0,05$ szinten, Tukey teszt alapján

A Chipke fajtánál a 3. napon már megfigyeltük a 3 és 7,5 mM-os nitrogén adagok közötti eltérést, de ezt nem tudtuk minden mérés alkalmával igazolni. A 14. naptól jelentkezett a teljes és a 0,75 mM NO₃⁻ koncentráció közötti különbség, amely szignifikáns maradt a kísérlet végig.

A Hópehely fajtánál a 7. naptól jelentősen magasabb SPAD értékeket mértünk a 7,5-es kezelésben, mint a két alacsonyabb adagú nitrogén-kezelés között. Az alacsonyabb adagú nitrogén-kezelések közötti eltérés csak a 28. napon jelentkezett.

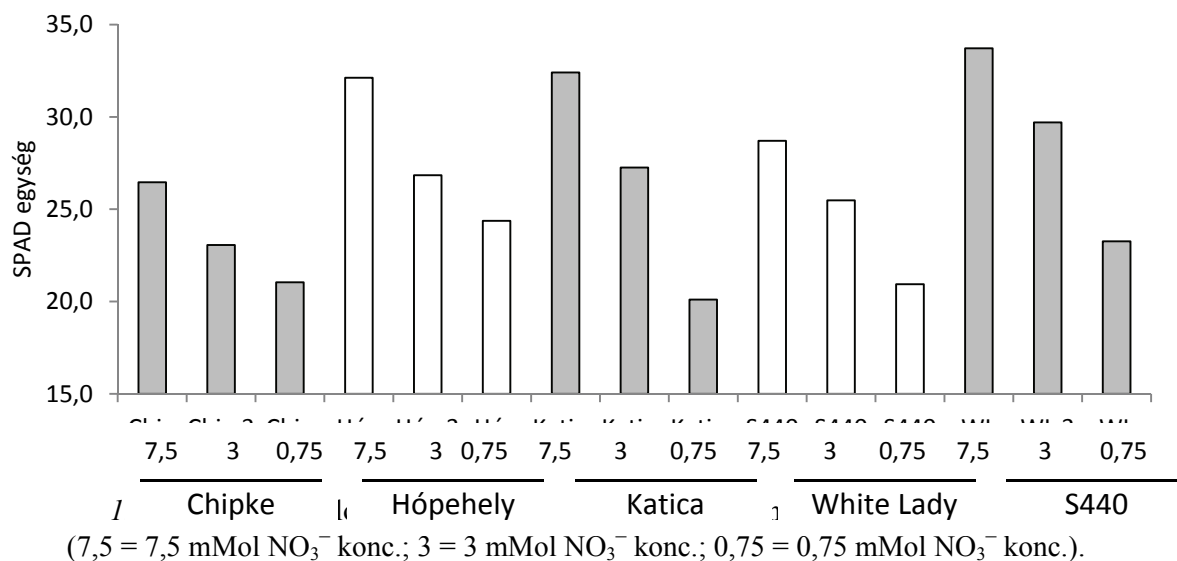
A Katica esetében már a 3. napon szignifikáns csökkenést figyeltünk meg a SPAD értékekben alacsony nitrogén ellátottság mellett. A 21. naptól a közepes és bőséges nitrogén kezelések között is igazolható különbség alakult ki.

A nitrogén kezelés első hatását az S440 nemesítési vonalnál 14. napon mértük, amely csak a 35. napra vált szignifikánssá.

A White Lady fajta esetében már a 3. napon mérhető volt mind a három N-kezelés hatása, amely kezeléshatás a kísérlet végig folyamatosan szignifikáns maradt.

A vizsgált genotípusok esetében a kezelésre adott válaszokban időben jelentős eltéréseket figyeltünk meg. A White Lady reagált a leggyorsabban és legmarkánsabban, amiből arra következtethetünk, hogy ez a fajta érzékeny a nitrogénellátottságra. A leglassabb reakciót az S440-nél tapasztaltuk.

A kísérlet végére, a 42. napra minden genotípusnál szignifikáns különbség alakult ki a relatív klorofill tartalmakban a különböző nitrogén ellátottsági szintek között. A vizsgált fajtáknál a bőséges nitrogén ellátáshoz képest eltérő mértékben csökkent a relatív klorofill tartalom a csökkentett NO₃⁻ tartalmú tápoldattal történt kezelés hatására (1. ábra).



A bőséges nitrogén ellátáshoz képest a közepes nitrogén adag hatására legnagyobb mértékű csökkenést a Hópehelynél (16,5%) és a Katicánál (15,9%) figyeltük meg, az alacsony ellátás esetén a Katicánál (38,0%) és az S440-nél (27,1%). A legkisebb mértékű változást a Chipkénél mértük mind a két csökkentett nitrogén adagú kezelésben.

A vizsgált genotípusok közül a White Lady esetében már a kezelések 3. napján kimutatható volt a nitrogén hiány hatása, de a csökkenés mértéke átlagosnak mondható a többi, vizsgált genotípushoz képest. A Katica fajta esetében viszonylag sok idő telt el, mire szignifikánssá vált a N-kezelés hatása, de ezt követően a legnagyobb mértékű volt az összes vizsgált fajta között. Az S440 a Katicához hasonlóan viselkedett, de az alacsony ellátottsági szinten a klorofill tartalom csökkenése lényegesen kisebb volt. A Hópehely és a Chipke fajták esetében a klorofill tartalom csökkenése hasonló ütemben történt.

Irodalom

- Dobos, A., Víg, R., Molnár, K., Nagy J. (2011) Természetes alapanyagú lombtrágyák hatékonysága szabadföldi kísérletekben: II. Burgonya (*Solanum tuberosum* L.) *Növénytermelés* 60: 27-42.
- Galloway, J.N., Cowling, E.B. (2002) Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. *Ambio* 31:64–71.
- Hoagland, D.R., Syder, W.C. (1933) Nutrition of the strawberry plant under controlled conditions: (a) Effects of deficiencies of Boron and certain other elements: (b) Susceptibility to injury from sodium salts. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 30:288-294.
- Hoffmann, B., Hoffmann, S., Polgár, Zs. (2010) A nitrogén hasznosítás növelésének lehetőségei a burgonya nemesítésben. 52. Georgikon Napok, Nemzetközi Tud. Konf., Keszthely, 2010. szept. 30. CD és Online kiadvány ISBN 978-963-9639-38-6
- IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.
- Jongschaap, R.E.E., Booij, R. (2004) Spectral measurements at different spatial scales in potato: relating leaf, plant and canopy nitrogen status. *Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinform.* 5: 205–218.
- Konghaug, G. (1998) Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions in Fertilizer Production. IFA Technical Conference, Marrakech, Morocco, 28 September-1 October, 1998, 18pp.
- Tukey, J.W. (1977) Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley. ISBN 0-201-07616-0. OCLC 3058187

GYOMFLÓRA VIZSGÁLATOK TRÁGYÁZÁSI TARTAMKÍSÉRLETBEN

LEHOCZKY ÉVA¹, GÓLYA GELLÉRT¹, RADIMSZKY LÁSZLÓ¹, RICZU PÉTER²,
TAMÁS JÁNOS²

¹MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet Agrokémiai és Növénytaplálási Osztály
1022 Budapest, Herman Ottó u. 15.
lehoczky.eva@agrar.mta.hu

²Debreceni Egyetem
Mezőgazdasági, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

A vizsgálatok tárgyát trágyázási tartamkísérletben, különböző tápanyagkezelésben (Ø, PK, NK, NPK) részesített kukorica állományban a gyomflóra összetétele és az egyes gyomfajok egyedsűrűsége, valamint azok összehasonlító elemzése képezte. A tartamkísérlet 2003-ban indult mészlepedékes csernozjom talajon, Nagyhörcsök határában. A kísérleti területen, a herbiciddel kezelt és kezeletlen parcellákon összesen 17 gyomfaj fordult elő. A *Helianthus annuus* L. és a *Stachys annua* L. egyedszáma szignifikánsan kisebb volt az NK és NPK kezelésekben. A trágyázási kezelések hatása igazolható volt a *Hibiscus trionum* L. esetében is, ahol a legnagyobb denzitás a kezeletlen kontroll parcellákon volt tapasztalható, és szignifikánsan kisebb egyedsűrűséggel fordult elő az NPK kezelésekben. Ezzel szemben a *Datura stramonium* L., a *Chenopodium album* L., a *Chenopodium hybridum* L., és az *Amaranthus blitoides* S. Watson a nitrogént tartalmazó kezelésekben volt jelen nagyobb átlagos egyedszámmal.

Bevezetés

Napjainkban a növényvédő szerek használatának csökkentése és a környezetkímélő gazdálkodás alapvető társadalmi igényként jelenik meg. Mindez jelentőséget tulajdonít azon kutatásoknak is, amelyek a talaj-növény rendszer anyagforgalmának tekintetében a gyomok szerepét vizsgálják (Lehoczky 2004).

A talajból felvehető tápanyagok mennyisége az integrált növénytermesztés meghatározó elemét jelenti. Ennél fogva a gyomflóra és a tápanyagviszonyok összefüggéseit vizsgáló kísérletek hasznos segítséggel szolgálhatnak a termesztett és a gyomfajok intra- és interspecifikus versengésének tisztázásához (Kismányoky és Lehoczky 2006, Lehoczky és mtsai. 2008a/b). Trágyázási tartamkísérletek eredményei mutatják, hogy a termés növekedésében a talajból felvehető tápanyagok mennyisége meghatározó tényező, míg a vízellátottság – a tápanyagok elérhetőségét nagymértékben befolyásolva – a legfontosabb terméslimitáló faktort jelenti a mezőgazdaságban (Árendás 1999, Árendás és Csathó 2002, Árendás és mtsai. 2010). Természetesen a tápanyag-utánpótlás hatékonyságát számos további tényező, így például a termesztett és gyomfajok aránya is befolyásolja. A különböző gyomok jelentős mennyiségű tápanyagot képesek felvenni a kultúrnövények elől. Például a jelentős borítással és elterjedtséggel bíró parlagfű nitrogéntartalma átlagosan elérheti az 5,8 kg/ha-t, káliumtartalma pedig a 6 kg/ha-t. Kalciumtartalma szintén jelentős lehet, átlagban akár 3,85 kg/ha (Lehoczky és mtsai. 2011, 2012a).

A gyomflóra faji összetételének, az egyes fajok gyakoriságának, tápanyag- és vízfelvételének ismerete tehát hasznos információval szolgálhat a gyomok okozta negatív hatások objektív becsléséhez, a mezőgazdasági gyakorlat és a kutatás számára egyaránt

(Lehoczky és mtsai. 2012b/c). Ennek okán, vizsgálatainkban különböző tápanyag-kezelések kukorica gyomflórára gyakorolt hatását tanulmányoztuk trágyázási tartamkísérletben

Anyagok és módszerek

A kísérlet az MTA ATK TAKI Nagyhörsöki Kísérleti Telepén 2003-ban beállított trágyázási tartamkísérletben került lefolytatásra, kukorica állományban, mészlepedékes csernozjom talajon. Az elővetemény őszi búza volt. A gyomfelvételezés különböző tápanyag-kezelésekben részesített parcellákon történt, három ismétlésben: kezeletlen kontroll Ø, PK, NK, NPK (N:150 kg/ha N; P: 100 kg/ha P₂O₅; K: 100 kg/ha K₂O). A foszfor és kálium tartalmú műtrágyák ősszel, szántás előtt, a nitrogén pedig tavasszal került kijuttatásra. A kontroll parcellák semmilyen kezelésben nem részesültek. A véletlen blokk elrendezésű kísérleti parcellák mérete 4,9x15,0 m (73,5 m²) volt, melyek mindegyikén 4 m² mintaterület került kijelölésre, amely gyomirtó-szeres kezelésben nem részesült. A kukorica mintavétele a kezelt területekről és a kezeletlen (gyomos) mintaterületekről egyaránt megtörtént. A gyomos mintaterületekről valamennyi növény fajonként begyűjtésre került 2012. június 19-én, a kukorica 6-8 leveles fejlettségű állapotában. A vizsgálatok a gyomflóra összetételének és az előforduló fajok egyedsűrűségének megállapítására, és mindezeknek a különböző tápanyagkezelésekkel mutatott összefüggésének elemzésére irányultak. A kísérleti adatok statisztikai feldolgozása variancia-analízis segítségével történt, MS Excel szoftver használatával.

Eredmények és következtetések

A június 19-én végzett gyomfelvételezés idején, a herbiciddel kezelt és kezeletlen parcellákon összesen 17 gyomfaj fordult elő (1. táblázat). Közülük 9 faj (53 %) az összes kezelésben jelen volt az alkalmazott tápanyagkezeléstől függetlenül (1. ábra), és 3 faj: *A. artemisiifolia*, *D. stramonium* és *H. annuus* valamennyi kezelt és kezeletlen parcellán előfordult. A *Sorghum halepense* (L.) Pers. és a *Solanum nigrum* L. fajok jelenléte szintén gyakori volt (1. táblázat).

1. táblázat. Az előforduló gyomfajok átlagos egyedsűrűsége és gyakorisága a kísérleti területen

	Gyomfaj	Életforma	Gyakoriság	átlagos egyedsűrűség* (egyed/m ²)
1.	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	T ₄	12	39.42
2.	<i>Datura stramonium</i> L.	T ₄	12	14.25
3.	<i>Helianthus annuus</i> L.	T ₄	12	6.17
4.	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	G ₁	11	27.5
5.	<i>Solanum nigrum</i> L.	T ₄	10	5.58
6.	<i>Polygonum convolvulus</i> L.	T ₄	9	1.33
7.	<i>Stachys annua</i> L.	T ₄	9	1.42
8.	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.B.	T ₄	8	1.92
9.	<i>Chenopodium hybridum</i> L.	T ₄	7	2.92
10.	<i>Chenopodium album</i> L.	T ₄	5	3.92
11.	<i>Heliotropium europaeum</i> L.	T ₄	5	0.58
12.	<i>Hibiscus trionum</i> L.	T ₄	4	0.92
13.	<i>Sisymbrium sophia</i> L.	T ₂₋₃	2	0.17
14.	<i>Ajuga chamaepitys</i> (L.) Schreb.	T ₄	1	0.08
15.	<i>Amaranthus blitoides</i> S. Watson	T ₄	1	1.75
16.	<i>Portulaca oleracea</i> L.	T ₄	1	0.17
17.	<i>Xanthium strumarium</i> L.	T ₄	1	0.08

*Az összes kezelés átlagában

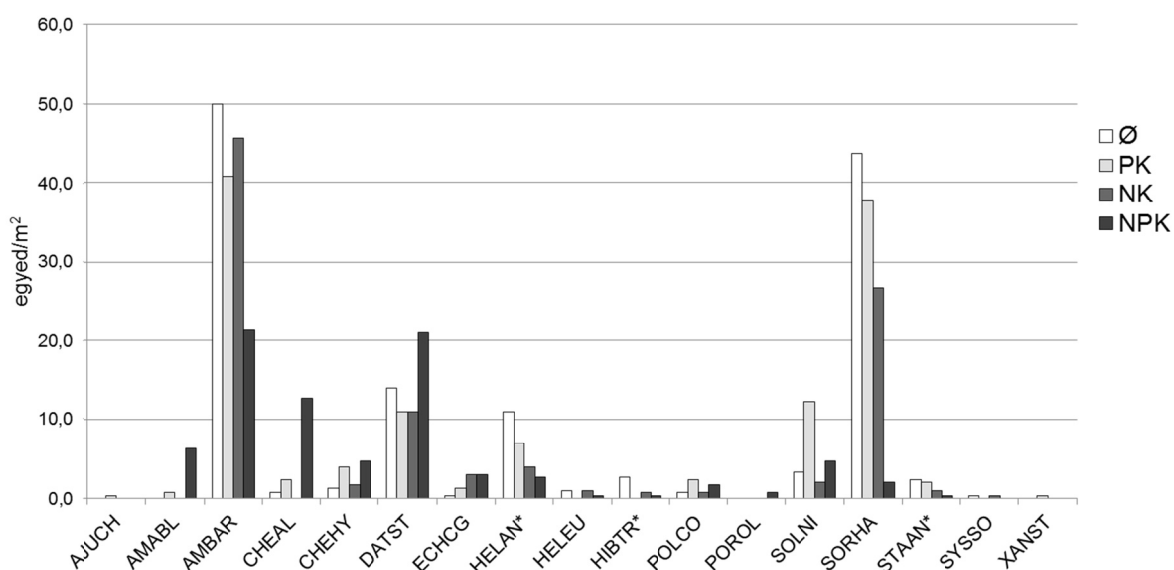
A kontroll területeken a gyomok összes egyedsűrűsége kiemelkedően nagy volt (131,3 db/m²), és az egyes fajok denzitása viszonylag széles skálán változott (2. táblázat, 1. ábra).

Az összes kezelés átlagában számított egyedsűrűség alapján a következő dominancia sorrend volt felállítható: *A. artemisiifolia* (39,4 db/m²), *S. halepense* (27,5 db/m²), *D. stramonium* (14,3 db/m²), *H. annuus* (6,2 db/m²), *S. nigrum* (5,6 db/m²), *Ch. album* (3,9 db/m²) és *Ch. hybridum* (2,9 db/m²). A további 10 előforduló faj esetében az átlagos denzitás 2 db/m² alatt maradt.

2. táblázat: A gyomnövények együttes egyedsűrűsége a különböző tápanyagkezelésben részesített parcellákon

Egyedsűrűség (db/m ²)				
Ø	PK	NK	NPK	LSD _{5%}
131,3	122,0	97,7	81,7	14,0

Az összes kezelés átlagában a gyomok egyedsűrűsége 108 db/m² volt. Ennek 75%-át 3 faj adta: *A. artemisiifolia*, *S. halepense* és *D. stramonium*. Mindezek, további 3 nagy gyakorisággal előforduló gyomfajjal (*H. annuus*, *S. nigrum* és *Ch. album*) kiegészítve a teljes egyedsűrűség mintegy 90%-át tették ki (1. ábra).



1. ábra. Az egyes gyomfajok egyedsűrűsége a különböző tápanyagkezelésben részesített parcellákon

Az egyes gyomfajok egyedsűrűségére a tápanyagkezelések hatása igazolható volt a *H. annuus*, a *S. annua* és a *H. trionum* gyomnövények esetében. A *H. annuus* átlagos egyedszáma az NK és NPK kezelt parcellákon szignifikánsan kisebb volt a kontrollhoz és a PK kezelésben részesítettekhez képest. Feltételezhetően e jelenséget a nitrogéntartalmú műtrágyák alkalmazása, és ez által, közvetlenül a nitrogénkedvelő egyéb fajok erőteljesebb hatása, kompetíciós képessége befolyásolta.

Ehhez hasonlóan, a kísérletben előforduló gyomok együttes egyedsűrűsége szintén kisebb volt a nitrogénnel kezelt területeken (3. táblázat). A *S. annua* egyedszáma is szignifikánsan elmaradt a kontrollhoz és a PK kezelt parcellákhoz képest. Ugyancsak hasonló eredmények voltak tapasztalhatók a *H. trionum* esetében, amely gyomfaj a legnagyobb egyedsűrűséget a kontroll parcellákon érte el, és szignifikánsan kisebb számban fordult elő az

NPK utánpótlásban részesített parcellákon. Ezzel szemben a *D. stramonium*, a *Ch. album*, a *Ch. hybridum* és az *Am. blitoides*, mint nagy tápanyagigényű és nitrogénkedvelő fajok (Lehoczky 2004) az NPK kezelések esetében voltak jelen legnagyobb egyedszámban.

A kísérletben a kukorica és a gyomnövények kompetícióját is tanulmányoztuk a növények biomassza képzésének, víz- és tápanyagtartalmának vizsgálatával, amelyhez további hasznos információt nyújtottak a gyomflóra faji összetételére és a kezelésekkel összefüggésben vizsgált egyedsűrűségére vonatkozó eredmények.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki az OTKA által a kutatásokhoz nyújtott támogatásáért (K105789 sz. pályázat).

Irodalom

- Árendás, T. (1999) Műtrágyák és szerves-trágyák hatása erdőmaradványos csernozjom, valamint néhány jellegzetes hazai talajon. **CSc. disszertáció.**
- Árendás, T., Csathó, P. (2002) Comparison of the effect of equivalent nutrients given in the form of farmyard manure or fertilizers in Hungarian long-term field trials. **Comm. Soil Sci. & Plant Anal.**, 30: 2861-2878.
- Árendás, T., Bónis, P., Csathó, P., Molnár, D., Berzsenyi, Z. (2010) Fertiliser responses of maize and winter wheat as a function of year and forecrop. **Acta Agron. Hung.**, 58: (Suppl.) 109-114.
- Kismányoky, A., Lehoczky, É. (2006) Study on the biomass production of maize and weeds in fertilization field experiment. **Cereal Res. Comm.** 34: 1. 545-548.
- Lehoczky, É. (2004) A gyomnövények szerepe a talaj-növény rendszer tápanyagforgalmában. **DSc. disszertáció**
- Lehoczky, É., Kismányoky, A., Nagy, P., Németh, T. (2008a) Nutrient absorption of weeds in maize. **Comm. Agr. Appl. Biol. Sci.** 73: 951-957.
- Lehoczky, É., Kismányoky, A., Ritecz, J., Németh, T. (2008b) Study on the competition between maize and weeds in long-term soil tillage experiments. **Cereal Res. Comm.** 36: 1575-1578.
- Lehoczky, É., Kerekes, B., Busznyák, J., Gólya, G. (2011) Study on the biomass and seed production of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) on winter wheat stubble. **Növénytermelés** 60: 1. 57-60.
- Lehoczky, É., Busznyák, J., Gólya, G., Pálmai, O. (2012a) Green water – *Ambrosia artemisiifolia* L. on winter wheat stubble. **Növénytermelés** 61: 259-262.
- Lehoczky, É., Kismányoky, A., Lencse, T., Németh, T. (2012b) Effect of different fertilization methods and nitrogen doses on the weediness of winter wheat. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.** 43: 341-345.
- Lehoczky, É., Márton, L. (2012c) Water content and biomass production of weeds in maize. **Növénytermelés** 61: 125-128.

NYÚL EREDETŰ *BORDETELLA BRONCHISEPTICA* TÖRZSEK ANTIBIOTIKUM ÉRZÉKENYSÉGE

KHAYER BERNADETT, SÜLYÖK KINGA, WEHMANN ENIKŐ, MAGYAR TIBOR

*MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Állatorvos-tudományi Intézet, Légzőszervi bakteriológia
1143 Budapest, Hungária krt. 21.
magyar.tibor@agrar.mta.hu*

A *Bordetella bronchiseptica* széles körben elterjedt, fakultatív patogén baktérium, amely különböző felső és alsó légúti megbetegedéseket idéz elő emlősökben. Nyulakban nem okoz nagyfokú elváltozásokat, de hosszú távon tünetmentes hordozása is az állományok leromlásához vezethet. A bakteriális fertőzések ellen az antibiotikumos terápia a leghatékonyabb eszköz, ezért a *B. bronchiseptica* antibiotikum rezisztencia vizsgálatát tűztük ki célul. Munkánkhoz összesen 43 nyúl eredetű *B. bronchiseptica* törzset választottunk ki, és korongdiffúziós módszerrel vizsgáltuk a törzsek érzékenységét. A vizsgálat során a törzsek gentamicinre, neomicinre, kolisztinra, tetraciklinre és az alkalmazott kinolonokra érzékeny bizonyultak, míg rezisztenciát mutattak vankomicinnel, streptomocinnel, penicillinnel, linkomicinnel és cefalosporinokkal szemben. Két magyar törzs kivételével valamennyi minta érzékeny volt a szulfonamidokra. Vizsgálataink során a törzsek eredete és antibiotikum rezisztenciája között összefüggést nem tudtunk kimutatni.

Bevezetés

A *Bordetella bronchiseptica* emlősök légútjaiban megtalálható, fakultatív patogén baktérium (Goodnow 1980). Szerepet játszik a sertések torzító orrgyulladásának és a kutyák kennel köhögésének kóroktanában. Számos vadon élő és házi állatban tüdőgyulladást idéz elő, és egyre gyakoribb a humán esetek előfordulása is (Wernli 2010).

A *B. bronchiseptica* felső légúti tüneteket mutató, kedvtelésből tartott nyulakból a második leggyakrabban izolált (52,2 %) baktérium (Rougier és mtsai. 2006). Háztáji, valamint laboratóriumi nyúltenyészetekben és feltehetően vadon élő populációkban is hasonló arányban található meg. A nyulak légúti megbetegedéseire orr- és szemváladékozás, tüsszögés, étvágytalanság és nehézlégzés jellemző, de súlyos esetekben akár láz, cianózis, bronchopneumónia és septicaemia is előfordulhat (van Praag 2012), de gyakori a baktérium tünetmentes hordozása is. Bár nyulakban nem okoz nagyfokú elváltozásokat, a *B. bronchiseptica* önmagában és más patogénekkal együtt súlyos kórképek kialakításában vehet részt (Glávits és Magyar 1990). Így hosszú távon nemcsak a betegség, hanem a tünetmentes hordozás is az állományok leromlásához vezethet.

Az antibiotikumos kezelés mai napig a leghatékonyabb módszer a bakteriális kórokozók által okozott betegségek visszaszorítására. A sikeres terápiához elengedhetetlen a baktérium(törzs) antibiotikum érzékenységének ismerete. Jelenleg kevés adat áll rendelkezésünkre a nyúl eredetű *B. bronchiseptica* törzsek antibiotikum rezisztenciájáról, de a manapság folyamatosan növekvő házikedvenc nyulak számával a zoonózis veszélye is megnövekedhet (Gueirard és mtsai. 1995), ezért feltétlenül szükségesnek tartjuk ezen információk megismerését.

Anyagok és módszerek

Munkánkhoz 35 hazai és 8 külföldi, nyúl eredetű *B. bronchiseptica* izolátumot választottunk az MTA ATK ÁOTI gyűjteményéből úgy, hogy egy telepet legfeljebb 5 törzs képviseljen. Az izolátumokat 5 % juh vért tartalmazó Columbia agaron tenyésztettük. Az identifikáláshoz telepmorfológiai, biokémiai és molekuláris vizsgálatokat végeztünk. Hagyományos biokémiai tesztekkel a törzsek ureáz aktivitását, nitrát-redukáló képességét, indol termelését, valamint glükóz, laktóz és szacharóz hasznosítási képességét vizsgáltuk (Konkoly Thege és Lányi 1999). A fajsztípusú molekuláris azonosításhoz Hozbor és munkatársai (1999) ajánlását vettük figyelembe.

A törzsek antibiotikum érzékenységének meghatározásához a Kirby-Bauer korongdiffúziós módszert alkalmaztuk (Ortez 2005). A felhasznált korongok a következő antibiotikumokkal voltak átitatva, a rövidítés melletti szám a korongok µg-ban megadott antibiotikum tartalmát jelölik: penicillin (PEN 10), ampicillin (AMP 10), ceftiofir (FUR 30), cefalexin (CFX 30), colistin (COL 10), gentamicin (GEN 10), neomicin (NEO 30), streptomycin (STR 10), tetraciklin (TET 30), doxiciklin (DOX 30), eritromicin (E 10), linkomicin (L 2), nalidixin sav (NAL 30), enrofloxacin (ENO 5), flumequin (FLM 30), vankomicin (VAN 30), szulfonamid (SMX 300) valamint co-trimoxazol (CTX 25). A vizsgálathoz a *B. bronchiseptica* törzsekből 5 ml steril fiziológiás sóoldatban 0,5 McFarland sűrűségű baktérium szuszpenziót készítettünk, majd steril vattatamponnal Müller-Hinton táptalajon három irányban szélesztettük. Adagolók segítségével egy táptalajra 6 különböző antibiotikum korongot helyeztünk, majd 36 °C-on 24 órán át inkubáltuk a mintákat. A keletkezett gátlási zónákat vonalzó segítségével, milliméter pontossággal határoztuk meg. A vizsgálat értékelésekor az NCCLS (2002) határértékeit vettük figyelembe.

Eredmények és következtetések

A kioltott baktériumok a véres agaron 0,5-1 mm átmérőjű, domború, szürkés-fehér telepeket képeztek. A biokémiai vizsgálatok során az összes törzs bontotta az ureumot, viszont triptofánt nem termelt és a felkínált szénhidrátokat nem hasznosította. Egy amerikai törzs kivételével valamennyi pozitív eredményt adott a nitrát redukció során. A *B. bronchiseptica* hagyományos nitrát tesztben változó eredményeket adhat, modern módszerek (pl. API 20 NE) alkalmazásával egységesen pozitív reakciót mutatnak a törzsek (Sanden és Wayent 2005). A fajspecifikus polimeráz láncreakcióban mind a 43 törzsnél a *B. bronchiseptica*-ra jellemző 236 bázispár hosszú terméket mutattuk ki.

A nyúl eredetű *B. bronchiseptica* törzsek az antibiotikum rezisztencia vizsgálatok során az esetek többségében hasonló eredményt adtak. A vizsgálatba bevont antibiotikumok közül az összes törzs rezisztens volt hat antibiotikumra (PEN 10, FUR 30, CLX 30, VAN 30, STR 10 és L 2), míg hét másik antibiotikummal (COL 10, GEN 10, NEO 30, TET 30, DOX 30, NAL 30 és FLM 30) szemben az összes törzs érzékenységét figyeltük meg (1. táblázat).

A vizsgált sejtfalszintézis gátló antibiotikumok (penicillinek és cefalosporinok) közül egyedül az ampicillinnél figyeltünk meg gátlási zónát. Az NCCLS (2002) határértékek alapján törzseink 60,4 %-a rezisztens, míg 23,3 %-uk érzékeny az ampicillinre. A külföldi szakirodalomban más állatfajokból származó, eltérő földrajzi helyen izolált *B. bronchiseptica* törzseknél hasonló tapasztalatokról számolnak be. A baktérium ampicillin rezisztenciájának hátterében egy plazmidon kódolt β-laktamáz enzim állhat (Kadlec és mtsai. 2007).

A citoplazma membránt károsító polimixinek közül a colistin hatásosnak bizonyult minden törzs esetében. Kínából származó sertés eredetű izolátumokat polimixin B-vel tesztelve szintén 100 %-os szenzitivitást tapasztaltak (Zhao és mtsai. 2011).

A fehérjeszintézis gátló aminoglikozidok közül a streptomiccinnél rezisztenciát, míg a neomicinnél és a gentamicinnél szenzitivitást tapasztaltunk. Ez az eredmény megegyezik a külföldi szakirodalomban tapasztaltakkal (Kadlec és mtsai. 2004). A vizsgált tetraciklinek,

melyek a terápiában jelentős szerepet töltenek be, hatásosnak bizonyultak; a szabványban megadottnál (19 mm) jóval nagyobb, akár 29-42 mm nagyságú feltisztult zónát mértünk.

Szintén a fehérjeszintézis gátlásán keresztül hat a makrolidokhoz tartozó eritromicin, illetve a linkozaminokhoz tartozó linkomicin. Az eritromicin esetében a nagy „mérsékelt rezisztens” intervallum (13-23 mm) ellenére is, 11 törzs szenzitív volt és nem találtunk eritromicinre rezisztens törzset. Linkomicin mellett nem tapasztaltunk gátlási zónákat, ami várható volt, hiszen ez elsősorban Gram-pozitív baktériumoknál hatásos antibiotikum, amit főleg diagnosztikai célból vizsgálnak.

1. táblázat. A vizsgált törzsek antibiotikum rezisztenciájának megoszlása az NCCLS osztályozási rendszere alapján

	PEN 10	AMP 10	FUR 30	CLX 30	GEN 10	NEO 30	STR 10	TET 30	DOX 30
n (rezisztens)	43	26	43	43	0	0	43	0	0
n (mérsékelt rezisztens)	0	7	0	0	0	0	0	0	0
n (szenzitív)	0	10	0	0	43	43	0	43	43
	COL 10	E 15	L 2	VAN 30	NAL 30	ENO 5	FLM 30	SMX 300	COT 25
n (rezisztens)	0	0	43	43	0	0	0	2	2
n (mérsékelt rezisztens)	0	32	0	0	0	1	0	0	0
n (szenzitív)	43	11	0	0	43	42	43	41	41

n: a törzsek száma

A vankomicin egyszerre sejtfalszintézis gátló, citoplazmamembrán károsító és RNS szintézis gátló antibiotikum, amely elsősorban Gram-pozitív baktériumokra hat. Törzseink a vártnak megfelelően rezisztensek voltak ellene.

A quinolonok a nukleinsavsintézis gátlásán keresztül fejtik ki hatásukat. Az általunk vizsgált nalidixin sav és a két fluoroquinolon is hatásosnak bizonyult, a 129 megfigyelésből csupán egyetlen egy esetben tapasztaltunk mérsékelt rezisztenciát.

A szulfonamidok a folsavsintézis gátlásán át fejtik ki hatásukat. A trimetoprin rezisztencia gyakoriságát különböző földrajzi területeken haszon és társállatokból izolált *B. bronchiseptica* törzsek esetében több tudományos cikk is megerősíti. Kadlec és munkatársai (2005) a szulfonamid rezisztencia molekuláris hátterét vizsgálták és megállapították, hogy egy rezisztens klón elterjedése okozta a szulfonamid rezisztencia terjedését. A rezisztencia terjedését segítheti elő, hogy manapság hobbi- és háztáji nyúl állományokban gyakran alkalmaznak szulfonamid származékokat a kokcidiózis megelőzése érdekében. Ezzel magyarázható, hogy két, azonos telepről származó törzs az átlagtól eltérően rezisztens volt mindkét vizsgált szulfonamidra (SMX 300, COT 25).

Nyúlból izolált *B. bronchiseptica* törzsek antibiotikum rezisztenciájáról kevés tanulmány készült. Okewole és Olubunmi (2008) légúti tüneteket mutató törzsek antibiotikum rezisztencia vizsgálatát végezte el, szintén korongdiffúziós módszerrel. Vizsgálatainkkal megegyezően nem találtak gentamicin és tetraciklin rezisztens, illetve cefalexin, linkomicin, streptomycin és penicillin szenzitív törzseket. Viszont leírtak egy enrofloxacin rezisztens törzset, és az általuk vizsgált *B. bronchiseptica* minták fele ampicillin rezisztens volt, illetve eredményeinktől eltérően eritromicinre csak szenzitív törzseket találtak. Rougier és munkatársai (2006) 2 hónaposnál idősebb, felső légúti tüneteket mutató nyulakból izoláltak baktérium törzseket, majd ezen törzsek antibiotikum rezisztenciáját vizsgálták. Törzseik több, mint 13%-a enrofloxacin rezisztens volt. Emelett gentamicin (3%) és doxiciklin (9,1%), valamint az általunk két törzsben is megfigyelt co-trimoxazol (17,2%) rezisztens törzseket is leírtak.

Vizsgálataink során a törzsek eredete és antibiotikum rezisztenciája között konkrét összefüggést nem tudtunk kimutatni, de feltételezhető, hogy az egyes állattartó telepeken

jellemzően használt antimikrobiális szerek hatással lehetnek a *B. bronchiseptica* törzsek antibiotikum rezisztenciájára is.

Köszönetnyilvánítás

Vizsgálatainkhoz az OTKA K83332 számú pályázata nyújtott támogatást.

Irodalom

- Glávits, R., Magyar, T. (1990) The pathology of experimental respiratory infection with *Pasteurella multocida* and *Bordetella bronchiseptica* in rabbits. *Acta Vet. Hung.* 38: 211-215.
- Goodnow, R.A. (1980) Biology of *Bordetella bronchiseptica*. *Microbiol. Rev.* 44: 722-738.
- Gueirard, P., Weber, C., le Coustumier, A., Guiso, N. (1995) Human *Bordetella bronchiseptica* infection related to contact with infected animals: persistence of bacteria in host. *J. Clin. Microbiol.* 33: 2002-2006.
- Hozbor, D., Fouque, F., Guiso, N. (1999) Detection of *Bordetella bronchiseptica* by the polymerase chain reaction. *Res. Microbiol.* 150: 333-341.
- Kadlec, K., Kehrenberg, C., Schwarz, S. (2005) Molecular basis of resistance to trimethoprim, chloramphenicol and sulphonamides in *Bordetella bronchiseptica*. *J. Antimicrob. Chemoth.* 56: 485-490.
- Kadlec, K., Kehrenberg, C., Wallmann, J., Schwarz, S. (2004) Antimicrobial susceptibility of *Bordetella bronchiseptica* isolates from porcine respiratory tract infections. *Antimicrob. Agents Chemother.* 48: 4903-4906.
- Kadlec, K., Wiegand, I., Kehrenberg, C., Schwarz, S. (2007) Studies on the mechanisms of β -lactam resistance in *Bordetella bronchiseptica*. *J. Antimicrob. Chemoth.* 59: 396-402.
- Konkoly Thege, M., Lányi, B. (1999) Az aerob és anaerob baktériumok azonosítására használatos leggyakoribb vizsgálatok. In: Czirók, É. (ed.) *Klinikai és járványügyi bakteriológia*. Melania Kft., Budapest, pp.150-187.
- National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS), (2002) Performance standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility tests for bacteria isolated from animals. Approved standard, 2nd ed. NCCLS document M31-A2. National Committee for Clinical Laboratory Standards, Wayne, Pa.
- Okewole, E.A., Olubunmi, P.A. (2008) Antibiograms of pathogenic bacteria isolated from laboratory rabbits in Ibadan, Nigeria. *Lab. Anim.* 42: 511-514.
- Ortez, J.H.(2005) Disk diffusion testing. In: Coyle, M.B. (ed.) *Manual of Antimicrobial Susceptibility Testing*. American Society for Microbiology, pp. 39-52
- van Praag, E. (2003-2013): A nyulak légzőszervi megbetegedései (fordította: Újvidéki Mónika) http://www.medirabbit.com/HU/Respiratory/Bacterial/URI_hu.pdf. Letöltés dátuma: 2012.10.17.
- Rougier, S., Galland, D., Boucher, S., Boussarie, D., Vallé, M. (2006) Epidemiology and susceptibility of pathogenic bacteria responsible for upper respiratory tract infections in pet rabbits. *Vet. Microbiol.* 115: 192-198.
- Sanden, G.N., Weyant, R.S. (2005) Genus III. *Bordetella* Moreno-lópez 1953, 178AL. In: Garrity, G.M., Boone, D.R., Castenholz, R.W., Richard, W. (eds.) *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* 2nd. ed. vol. 3., New York. Springer. pp. 662-671.
- Wernli, D., Emonet, S., Schrenzel, J., Harbarth, S. (2011) Evaluation of eight cases of confirmed *Bordetella bronchiseptica* infection and colonization over a 15-year period. *Clin. Microbiol. Infect.* 17: 201-203.
- Zhao, Z., Xue, Y., Wang, C., Ding, K., Wu, B., He, Q., Cheng, X., Chen, H. (2011) Antimicrobial susceptibility of *Bordetella bronchiseptica* isolates from pigs with respiratory diseases on farms in China. *J. Vet. Med. Sci.* 73: 103-106.

A KUKORICA FOTOSZINETETIKUS AKTIVITÁSÁNAK VÁLTOZÁSA VETÉSIDŐ ÉS NITROGÉN MŰTRÁGYÁZÁS HATÁSÁRA

MICSKEI GYÖRGYI, PÓK ISTVÁN, ÁRENDÁS TAMÁS, BÓNIS PÉTER,
BERZSENYI ZOLTÁN, JÓCSÁK ILDIKÓ¹

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Növénytermesztési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
micskei.gyorgyi@agr.ar.mta.hu

¹ Levelező társszerző, e-mail: ildiko.jocsak@gmail.

Martonvásáron, az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet kísérleti területén 1961-ben beállított, s azóta is folyamatosan fenntartott tartamkísérletben végeztünk ökofiziológiai vizsgálatokat, amelyek során mértük a kukorica növények fotoszintézisét és klorofill-tartalmát, a teljes érés stádiumában. A méréseket három levélszinten, három vetésidő és három különböző N-trágyázási szint mellett végeztük. Statisztikai vizsgálattal értékeltük a különböző levélszinteken kapott fotoszintézis és klorofill-tartalom értékei közötti összefüggést. Az eredményeink azt mutatják, hogy a növények klorofill tartalmát leíró SPAD index értékeket a nitrogén műtrágyaszint befolyásolja, de a fotoszintetikus apparátus tényleges működéséről a fotoszintetikus aktivitás értékei alapján kapunk lényegi információt.

Bevezetés

A korszerű kukorica agrotechnikai kutatásokat napjainkban az ökofiziológiai irányzat jellemzi, amelynek célja, a növények és a környezet kölcsönhatásának megismertetése, a növényi életfolyamatoknak a környezeti tényezők hatására bekövetkező megváltozásainak vizsgálata (Berzsenyi 2009). Az ökofiziológiai vizsgálatok új összefüggéseket tárnak fel a termés (terméskomponensek) és a kukoricánövény növekedése; a termés és a fotoszintézis; a kukoricánövény N-ellátottsága és a fotoszintetikus produkció; valamint a fotoszintetikusan aktív sugárzás (PAR) és a termésprodukciónak között.

A növények életében a termést legnagyobb mértékben befolyásoló élettani tényező a fotoszintézis folyamata. A CO₂ asszimiláció feltétele a sztómák nyitása, aminek elkerülhetetlen következménye a párolgás (Kriedemann 1999). A hatékony vízhasznosítás, ami lehetővé teszi a gázcserét, de megelőzi a levél kiszáradását, az egyik legerősebb szelekciós nyomás a növényeknél. Szabadföldi mérések során kimutatták, hogy a nitrogéntartalmú műtrágya adagolása és a fotoszintetikus aktivitás, valamint a klorofillok mennyisége között összefüggés figyelhető meg (Tóth 2001).

A kukoricatermesztésben alapvető fontosságú a vetésidő, amely tényező befolyásolja a hibridek termését, valamint hatással van a kukorica fejlődését meghatározó klimatikus tényezők érvényesülésére is. A különböző vetésidőknek köszönhetően a kukorica fejlődésének befolyásolásában is eltérő hatások jelennek meg. Korai vetésidő esetén a virágzás is hamarabb következik be, így egy esetleges aszályos időszakot kevesebb veszteséggel is képes elviselni az állomány. A kései vetésidő előnye a magasabb talajhőmérsékletnek köszönhető egyöntetűbb kelés és intenzívebb kezdeti fejlődés. A termesztésben is javasolt, optimális vetésidőnél a fenti tényezők együtt jutnak érvényre.

Célunk volt annak meghatározása, hogy a vetésidő milyen módon befolyásolja a kukorica fotoszintézisét és klorofill-tartalmát. Ennek érdekében különböző levélszintenként végeztünk méréseket, hogy pontosabb képet kapjunk a teljes növényi fotoszintézisről.

Anyagok és módszerek

Méréseinket, az 1961-ben, Martonvásáron megkezdett háromtényezős osztott parcellás nitrogén műtrágyázási kukorica tartamkísérletben végeztük, különböző vetésidők mellett. A terület jellegzetes talajtípusa erdőmaradványos csernozjom. A kísérletben a nitrogén-kezelések a főparcellákban, a vetésidők az alparcellákban, és a kukorica hibridek az al-alparcellákban voltak elhelyezve. 2008-ban igen kedvezően alakult az időjárás a kukorica számára mind a csapadék, mind a hőmérséklet tekintetében, a vegetációs időszak (04-09. havi) csapadék mennyisége 483 mm volt.

Az alkalmazott öt vetésidő közül három esetében vizsgáltuk a növények ökofiziológiáját: *A*: korai (2008. 04. 11.); *B*: optimális (2008. 05. 01.); és *C*: kései (2008. 05. 11.). A növények leveleinek fotoszintetikus aktivitását és klorofill-tartalmát három levélszinten vizsgáltuk: 1: cső melletti levél alatti ötödik levél; 2: cső melletti levél alatti második levél; 3: cső melletti levél. Három N-műtrágya szinten: N=0 (N0), N=120 (N120); N=240 kg/ha (N240), azonos P és K (160 - 160 kg/ha) ellátottság mellett végeztük, melyek közül az N120 optimális, az N240 magas műtrágyaszintet képvisel.

A növények fotoszintetikus aktivitását, sztómaellenállását és a transpiráció értékeit hordozható LI 6400 típusú fotoszintézis-mérővel (LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA) mértük a kukorica nővirágzása után 14-21 nappal, teljes éréskor. A méréseket 9 és 12 óra között, napos időben, állandó megvilágítás (PAR=1500 $\mu\text{M m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Lőke 2004) és CO₂ koncentráció mellett végeztük, amit a napi aktuális levegő CO₂ koncentráció alapján állítottuk be. A fotoszintézis mérésekkel párhuzamosan a levelek klorofill-tartalmát Minolta SPAD 502-es típusú hordozható klorofill mérővel (SPECTRUM TECHNOLOGIES, Plainfield, Illinois, USA) határoztuk meg ugyanazon a levélszakaszon, ahol a fotoszintézis mérés is történt.

A cikkben közölt méréseket, a magas terméshozamú, kiváló szárazságtűrő, jó tápanyag hasznosítású, Martonvásáron nemesített Maraton (FAO 450) hibriden végeztük. A vetés sűrűsége hektáronként 70.000 tő volt. A statisztikai analízishez az összefüggésvizsgálatot Sváb (1981) módszere alapján, Microsoft® Windows Excel programmal végeztük.

Eredmények és következtetések

A szántóföldi kísérletekben a nitrogén ellátottság becslésére széles körben elterjedt a SPAD index használata. Többben is kimutatták, hogy a klorofill-tartalom szorosan korrelál a növények nitrogén-ellátottságával (pl. *Schepers és mtsai. 1992, Berzsenyi és Dang 2001*). Méréseink során a SPAD index értékeiben mindhárom vetésidő és levélszint esetében szignifikánsan alacsonyabb értékeket kaptunk az N0 szinten, míg igazolható eltérés az optimális és a magas trágyaszintek SPAD értékei között nem volt (*1. táblázat*).

1. táblázat. A vetésidő és a nitrogén műtrágyázás hatása a kukorica fotoszintetikus aktivitására, sztómaellenállására, transpirációjára és klorofill-tartalmára, eltérő levélszinten

	Fotoszintetikus aktivitás ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)								
	N 0			N 120			N 240		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	11,62	21,02	22,94	13,44	24,19	29,63	11,46	20,24	28,82
B	0,86	12,43	23,44	19,17	21,17	29,23	17,12	23,85	28,17
C	3,21	8,60	17,91	11,76	16,97	26,58	12,07	17,48	26,20

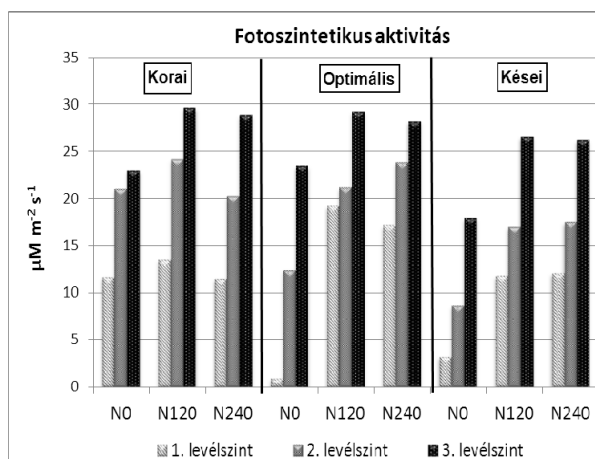
	Sztómaellenállás ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)								
	N 0			N 120			N 240		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	0,04	0,08	0,10	0,05	0,09	0,13	0,03	0,07	0,12
B	0,01	0,04	0,06	0,05	0,05	0,08	0,04	0,07	0,08
C	0,01	0,02	0,05	0,03	0,04	0,07	0,03	0,05	0,07

	Transpiráció ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)								
	N 0			N 120			N 240		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	2,20	3,72	4,26	2,49	3,85	4,79	1,75	2,94	4,55
B	0,32	1,72	2,26	1,95	2,14	2,91	1,83	2,46	2,81
C	0,27	0,71	1,33	0,81	1,08	1,65	0,88	1,26	1,57

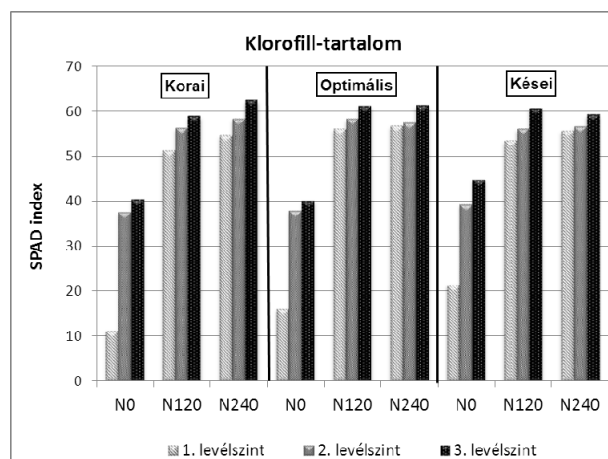
	Klorofill-tartalom (SPAD index)								
	N 0			N 120			N 240		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	11,18	37,49	40,33	51,32	56,27	58,91	54,56	58,29	62,42
B	15,98	37,91	40,10	56,07	58,30	61,18	56,78	57,47	61,33
C	21,43	39,29	44,76	53,43	56,09	60,71	55,65	56,69	59,23

A fotoszintézis-mérés eredményei levélszintenként jól elkülöníthető értékeket mutattak. Minden esetben a cső melletti levél fotoszintézise volt a legmagasabb, ezt követte csökkenő sorrendben a két alsóbb levélszinten mért fotoszintetikus aktivitás. Ennek az lehet az oka, hogy az alsóbb levélszinteken az állomány önárnyékolása miatt hiába található meg a megfelelő mennyiségű kloroplasztisz, azok a kevesebb fény miatt alacsonyabb aktivitással rendelkeznek. A magasabb levélszinteken az árnyékolás hatása egyre kevésbé érvényesül, így a fotoszintetikus aktivitás értékei is nőnek. Az egyes levélszinteket vizsgálva, az optimális és a magas műtrágyaszinteken mért fotoszintézis értékek meghaladták a N0 műtrágyaszint fotoszintézis értékeit. A három levélszint fotoszintézisének átlagát tekintve, korai vetésidő esetében statisztikailag a legmagasabb fotoszintézis értékeket az N=120 kg/ha trágyázási szinten kaptuk, amely értékek magasabb N dózis hatására csökkentek. Az optimális és a kései vetésidőben statisztikailag azonos fotoszintézis értékeket mértünk az N=120 és az N=240 kg/ha dózis esetében.

Eredményeink azt mutatják, hogy a fotoszintetikus aktivitás értékei érzékenyebben követik a kukorica növényeknek a különböző műtrágya szintekből és vetésidőkből adódó eltérő fenológiai állapotait, mint a SPAD index. A fotoszintetikus aktivitás értékei minden N-szinten és vetésidő esetében szignifikánsan különböznek a különböző levélszinteken, míg a SPAD értékek esetében csak az N0 műtrágyaszinten tudtunk szignifikáns különbséget kimutatni az 1. levélszint, valamint a 2. és a 3. levélszint között (1. és 2. ábra). A klorofill tartalmat a nitrogén műtrágyaszint befolyásolja, de a fotoszintetikus apparátus tényleges működéséről a fotoszintetikus aktivitás értékei alapján kapunk lényegi információt.



1. ábra. A vetésidő és a nitrogén műtrágyázás hatása a Maraton kukorica hibrid fotoszintetikus aktivitására, eltérő levélszinteken, 2008-ban



2. ábra. A vetésidő és a nitrogén műtrágyázás hatása a Maraton kukorica hibrid klorofill-tartalmára, eltérő levélszinteken, 2008-ban

A 2. táblázatban a nitrogén kezelések és vetésidő átlagában tüntettük fel a termés, és az egyes levélszinteken mért SPAD értékek közötti összefüggés vizsgálat eredményét. A SPAD értékek jól használhatóak a termés előrejelzésére, mivel ismeretlen vetésidő és nitrogénszint mellett is szoros korrelációt mutatnak a termékkel. A 3. levélszinten mért értékek alapján számított regressziós egyenlet meredeksége a legnagyobb, így a méréseket a cső melletti levélen célszerű elvégezni a termésbecsléshez. A SPAD értékek mutatják meg azt a levelekben maximálisan rendelkezésre álló fotoszintetikus kapacitást, amelyből a ténylegesen realizálódó fotoszintetikus aktivitás mértékét a fotoszintézis mérővel határozhatjuk meg.

A Maraton hibrid szemtermése a kedvező, 2008-as évjáratban a nitrogén műtrágyázás hatására a korai és a késői vetések esetén is azonos tendenciát mutatott. Az N0 kezelés

esetében igazolhatóan alacsonyabb szemtermést kaptunk (7,3 és 8,6 tha⁻¹), mint az N120 és az N240 kezelések mellett, amelyek szemtermés eredményei szignifikánsan nem különböztek (12,1 és 13,0 tha⁻¹). Optimális vetésidő esetében azonban szignifikáns volt a különbség a három N-műtrágya szint hatására, ahol a legmagasabb termést a hektáronkénti 120 kg N kijuttatás (N120: 12,4 tha⁻¹) mellett kaptuk (N0: 7,9; N240: 11,8 tha⁻¹). Mind a három nitrogén műtrágyázási szinten, a késői vetések esetén kaptuk a legmagasabb terméseredményeket, ahol az N120 és N240 szintek eredményei szignifikánsan nem különböztek.

2. táblázat. A termés és az egyes levélszinteken mért SPAD értékek lineáris regressziós egyenletei és R² értékei, a műtrágya kezelések és vetésidő átlagában

Levélszint	Összefüggés a termés és a SPAD értékek között	
1. levélszint	$y = 0,1121x + 6,2004$	R ² = 0,822
2. levélszint	$y = 0,2176x - 0,1817$	R ² = 0,807
3. levélszint	$y = 0,2211x - 1,1295$	R ² = 0,814

Az agrotechnikai kísérletekben a kezelések hatása szignifikáns terméskülönbségekben mérhető, azonban az ökofiziológiai vizsgálatokkal eredményesebben tudjuk a különböző tényezők hatásait tanulmányozni és leírni a terméskülönbségeket kialakító agronómiai, ökológiai és fiziológiai tényezőket, valamint a köztük levő interakciókat.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú *Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program* című kiemelt projekt által nyújtott személyi támogatással valósult meg. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A kutatáshoz előzményként kapcsolódik az AGRISAFE 203288 sz. EU-FP7-REGPOT 2007-1 projekt. A projekt megvalósulási ideje: 2008-2010.

Irodalom

- Berzsenyi, Z. (2009) Új kihívások és módszerek a növénytermesztési kutatásban. *Növénytermelés*. 1: 77-91.
- Berzsenyi, Z., Dang, Q.L. (2001) A vetésidő és az N-műtrágyázás hatása a kukorica- (*Zea mays* L.) hibridek termésére és termésstabilitására 1991 és 2000 között. *Növénytermelés*. 2-3: 309-331.
- Kriedemann, P.E. (1999) Stomatal physiology. In: Atwell, B.J., Kriedemann, P.E., Turnbull, C.G.N. (Eds.) *Plants in Action*. 15.2. Electronic edition: <http://plantsinaction.science.uq.edu.au/edition1/>
- Lőke, Z. (2004) Measurement and modelling average photosynthesis of maize. (Kukorica átlagos fotoszintézisének mérése és modellezése.) *J. Centr. Eur. Agr.* 5: 281-288.
- Schepers, J.S., Francis, D.D., Vigil, M., Below, F.E. (1992) Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23: 2173-2187.
- Sváb, J. (1981) Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Tóth, V. (2001) A vízhiány és a nitrogénhiány hatása a kukorica (*Zea mays* L.) levélnövekedésére és fotoszintetikus aktivitására. Doktori értekezés, Debrecen.

A FUZÁRIUM VERTICILLIOIDES ÉS A FUSARIUM MUSAE ELŐFORDULÁSA MAGYARORSZÁGON FORGALMAZOTT BANÁNON

MOLNÁR ORSOLYA, SZÉCSI ÁRPÁD

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani Osztály
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
molnar.orsolya@agrar.mta.hu

Foltos banánról izoláltunk *Fusarium(F.) verticillioides* törzseket. Vizsgáltuk a törzsek 2-benzoxazolinone (BOA)–toleranciáját és szekvenáltuk az elongation factor (EF-1 α) génszakaszt. Igazoltuk, hogy a törzsek két csoportra oszthatóak: minden Afrikából származó törzs valóban *F. verticillioides*, míg valamennyi Amerikából származó a közeli rokon *F. musae*. Kidolgoztunk egy új PCR-alapú módszert a két faj gyors elkülönítésére: az eddig publikált *F. verticillioides* mikroszatellitek alapján megtervezett primerek egyike egyértelműen elkülöníti a két fajt.

Bevezetés

A banán gyümölcs foltosodása (crown rot) a szüret utáni tárolás és szállítás alatt lép fel, és a fogyasztó országokban okoz veszteséget. Több fuzárium fajt is izoláltak már foltos banánból, így egyes szerzők kifejezetten fuzáriumos rothadásnak nevezik a betegséget. Egyikük, a toxintermelő *Fusarium verticillioides* földrajzilag igen különböző helyekről került elő banánról. A *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg világszerte felelős a kukorica cső- és szárrothadásáért, és más toxinok mellett fumonizineket is termel (Desjardins 2006). VanHove és munkatársai 2011-es munkájukban leírtak egy új fajt, a *Gibberella musae*-t. A *G. musae* VanHove és mtsai. sp. nov. (anamorph: *F. musae* VanHove és mtsai. sp. nov.) banán gyümölcsön fordul elő. A *F. musae* termel moniliformint, de nem termel fumonizineket (a *F. verticillioides*-szel ellentétben), mert a fumonizinek szintéziséhez szükséges génklasztere másodlagosan kivágódott (Proctor és mtsai. 2006). Ezen felül, míg a *F. verticillioides* törzsek tolerálják a 2-benzoxazolinone-t (BOA), a *F. musae*-k nem (Glenn és mtsai. 2001). Az új faj a *Gibberella fujikuroi* species complex-en belül a *F. verticillioides* közeli rokona, de egyértelműen elkülöníthető tőle a génszekvenciák alapján is. Az eddigi adatok szerint banán gyümölcsről Ázsiában és Afrikában *F. verticillioides*-t, míg Közép- és Dél-Amerikában *F. musae*-t lehet izolálni. A Fülöp szigetekről mindkét faj előkerült (VanHove és mtsai. 2011).

Jelen munkánkban banánról izoláltunk *F. verticillioides* törzseket, majd jellemeztük őket fiziológiai és molekuláris tulajdonságaik alapján. Kidolgoztunk egy PCR-alapú módszert a *F. verticillioides* és a *F. musae* fajok elkülönítésére. Toxintermelő képességüket még vizsgáljuk.

Anyagok és módszerek

Kísérleteinkhez Budapesten boltban kapható foltos banánt használtunk. A banánok származási helyét az 1. táblázat tartalmazza. A csúcsi foltos rész alatt levő belső héjszövetből vett mintát fuzárium-szelektív pepton-PCNB táptalajra tettük (Leslie és mtsai. 2006). A kinövő kultúrákból monospórás törzseket növesztettünk, ezeket Leslie és munkatársainak (2006) kulcsa szerint meghatároztuk, majd a *F. verticillioides* törzseket tovább vizsgáltuk. Néhány törzset használtunk az olasz „Agri-Food Toxigenic Fungi Culture Collection, Institute of Sciences of Food Production, Bari” törzsgyűjteményből is.

A törzsek BOA-toleranciáját 1 mg/ml 2-benzoxazolinone-nal kezelt burgonya-dextróz-agaron (BDA) vizsgáltuk (Glenn és mtsai. 2001).

Szekvenáltuk az EF-1 α génszakaszokat (Mirete és mtsai. 2004), majd néhány referenciatörzs adataival együtt (GenBank) filogenetikai törzsfát készítettünk [illesztés: PRANK (Löytynoja és Goldman 2008), maximum likelihood: PhyML 3.0 (Guindon és mtsai. 2010)].

A mikroszatellit-szakirodalom (Ren és mtsai. 2012) segítségével kihorgonyozott (anchored) ISSR primereket terveztünk. Az ISSR reakció kondíciói: 25 μ l teljes reakcióterfogatban volt 30 ng templát DNS, 12,5 μ l DreamTaq Green PCR Master Mix 2x (Fermentas) és 0.6 μ M primer; a program lefutása: 4 perc kezdeti denaturáció 94°C-on, majd 36 ciklus: [30 sec 94°C-on (denaturáció), 45 sec primerfüggő hőmérsékleten (kapcsolódás), 2 perc 72°C-on (láncosszabbítás)], majd egy végső láncosszabbításként 7 perc 72°C-on (Baysal és mtsai. 2010). A legsikeresebb primer, (AAG)₆AAA, kapcsolódási hőmérséklete 53 °C volt.

Eredmények és következtetések

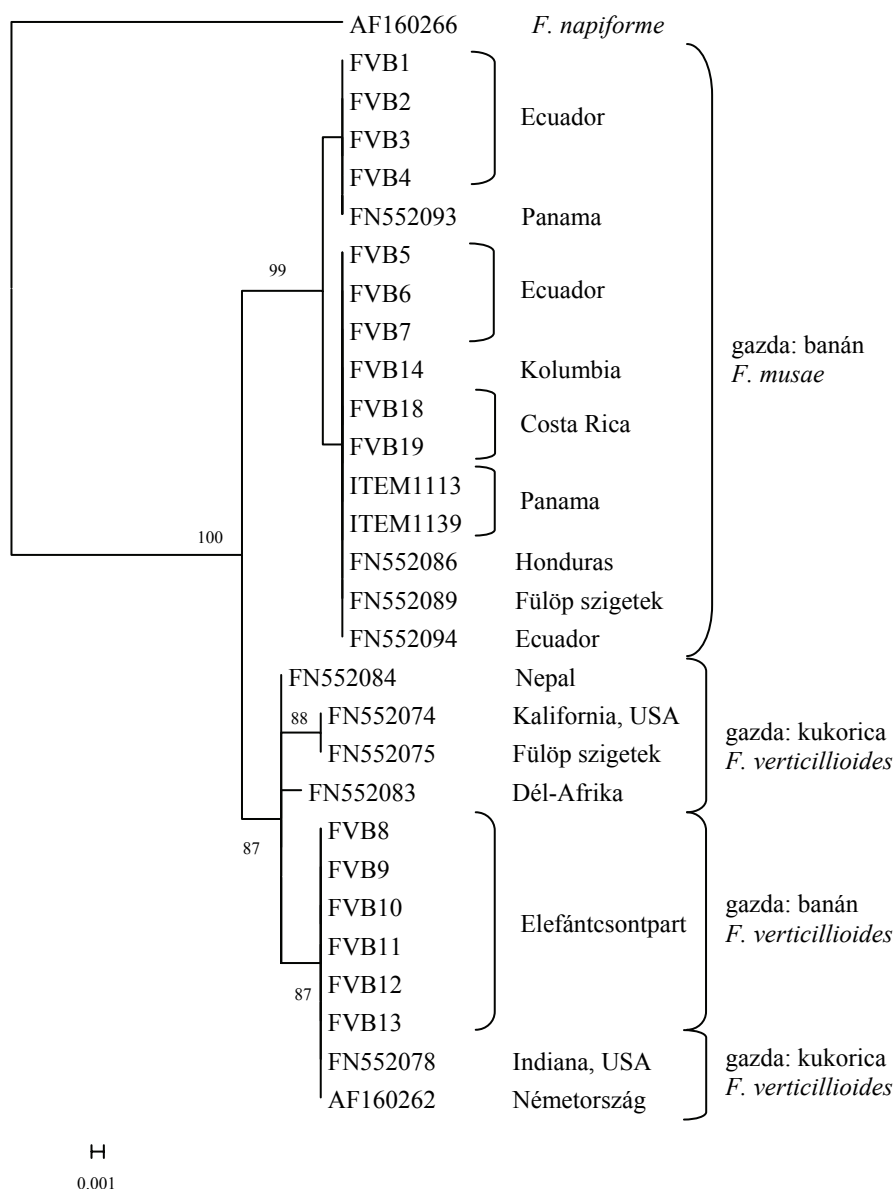
A *F. verticillioides* törzsek közül az Afrikából származó izolátumok képesek a BOA-t tartalmazó táptalajon növekedni, míg egy Amerikából származó törzs sem fejlődött a BOA tartalmú táptalajon (1. táblázat).

1. táblázat. A kísérletben részt vevő foltos banánról izolált *Fusarium* törzsek

FVB = saját izolátumaink számai, ITEM = Agri-Food Toxigenic Fungi Culture Collection (Institute of Sciences of Food Production, Bari, Italy)

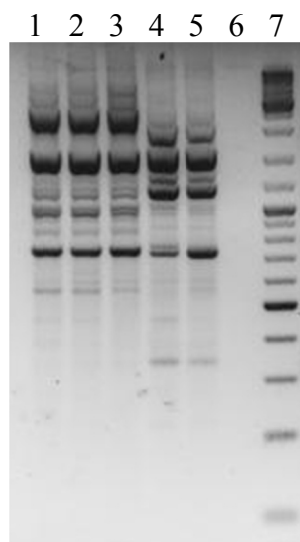
Faj	Törzs	Származási hely	BOA	Faj	Törzs	Származási hely	BOA
<i>F. musae</i>	FVB1	Ecuador	-	<i>F. verticillioides</i>	FVB8	Elefántcsontpart	+
<i>F. musae</i>	FVB2	Ecuador	-	<i>F. verticillioides</i>	FVB9	Elefántcsontpart	+
<i>F. musae</i>	FVB3	Ecuador	-	<i>F. verticillioides</i>	FVB10	Elefántcsontpart	+
<i>F. musae</i>	FVB4	Ecuador	-	<i>F. verticillioides</i>	FVB11	Elefántcsontpart	+
<i>F. musae</i>	FVB5	Ecuador	-	<i>F. verticillioides</i>	FVB12	Elefántcsontpart	+
<i>F. musae</i>	FVB6	Ecuador	-	<i>F. verticillioides</i>	FVB13	Elefántcsontpart	+
<i>F. musae</i>	FVB7	Ecuador	-	<i>F. musae</i>	FVB14	Kolumbia	-
<i>F. musae</i>	ITEM 1113	Panama	-	<i>F. musae</i>	FVB18	Costa Rica	-
<i>F. musae</i>	ITEM 1139	Panama	-	<i>F. musae</i>	FVB19	Costa Rica	-

Az EF-1 α szekvenciák alapján készült törzsfa egyértelműen mutatja a két faj elkülönülését. A banánról izolált *F. verticillioides*-ek homogénnek mutatkoztak. Érdekes viszont, hogy a vizsgált lokuszon belül semmi eltérést sem mutattak a faj egy másik, kukoricáról izolált képviselőjétől (1. ábra).



1. ábra. Maximum likelihood (PHYML) fa az elongation factor (EF-1 α) szekvenciák alapján. FVB: saját izolátumaink; ITEM: az olasz gyűjtemény törzsei, de mi szekvenáltuk; FN ill. AF: mások szekvenciái (GenBank). Kulcsoportnak a *F. napiforme*-t (AF160266) választottuk. A bootstrap értékek százalékban szerepelnek a leágazásokon (csak 70% fölött).

A tíz mikroszatellit-szekvenciára alapozott primer közül több is használhatónak bizonyult. Egy azonban diagnosztikai értékűnek mutatkozott (2. ábra). Segítségével könnyedén szétválasztható a két közeli rokon faj. A módszer új, megbízható, gyors és nem utolsó sorban olcsó.



2. ábra. ISSR mintázat képe agaróz gélben. 1-3 *F. verticillioides* (FVB9, FVB11, FVB13), 4-5: *F. musae* (FVB3, FVB19), 6: vak (PCR vízzel), 7: létra

Köszönetnyilvánítás

A munkát az OTKA (77612) pályázat támogatta.

Irodalom

- Baysal, Ö., Siragusa, M., Gümrükcü, E., Zengin, S., Carimi, F., Sajeva, M., Teixeira da Silva, J.A. (2010) Molecular Characterization of *Fusarium oxysporum* f. *melongenae* by ISSR and RAPD markers on eggplant. **Biochem. Genet.** 48: 524–537.
- Desjardins, A.E. (2006) *Fusarium* mycotoxins: chemistry, genetics and biology. American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota, USA.
- Glenn, A.E., Hinton, D.M., Yates, I.E., Bacon, C.W. (2001) Detoxification of corn antimicrobial compounds as the basis for isolating *Fusarium verticillioides* and some other *Fusarium* species from corn. **Appl. Environ. Microbiol.** 67: 2973-2981.
- Guindon, S., Dufayard, J.F., Lefort, V., Anisimova, M., Hordijk, W., Gascuel, O. (2010) New algorithms and methods to estimate maximum-likelihood phylogenies: assessing the performance of PhyML 3.0. **Syst. Biol.** 59: 307-321.
- Leslie, J.F., Summerell, B.A., Bullock, S. (2006) The *Fusarium* laboratory manual. Blackwell Publishing, Iowa, USA.
- Löytynoja, A., Goldman, N. (2008) An algorithm for progressive multiple alignment of sequences with insertions. **PNAS** 102: 10557-10562.
- Mirete, S., Vázquez, C., Mulé, G., Jurado, M., González-Jaén, M.T. (2004) Differentiation of *Fusarium verticillioides* from banana fruits by IGS and EF-1 alpha sequence analyses. **Eur. J. Plant Pathol.** 110: 515–523.
- Proctor, R.H., Plattner, R.D., Desjardins, A.E., Busman, M., Butchko, R.A.E. (2006) Fumonisin production in the maize pathogen *Fusarium verticillioides*: genetic basis of naturally occurring chemical variation. **J. Food Agric. Chem.** 54: 2424–2430.
- Ren, X., Zhu, Z., Li, H., Duan, C., Wang, X. (2012) SSR marker development and analysis of genetic diversity of *Fusarium verticillioides* isolated from maize in China. **Scientia Agricultura Sinica** 45: 52-66.
- Van Hove, F., Waalwijk, C., Logrieco, A., Munaut, F., Moretti, A. (2011) *Gibberella musae* (*Fusarium musae*) sp. nov., a recently discovered species from banana is sister to *F. verticillioides*. **Mycologia** 103: 570-585.

FEHÉRJELEBONTÓ FAKTOROK SZEREPÉNEK VIZSGÁLATA *ARABIDOPSIS THALIANA* KÓROKOZÓKKAL SZEMBENI REZISZTENCIAVÁLASZÁBAN

NAGY VERONIKA ANNA, POGÁNY MIKLÓS, BOZSÓ ZOLTÁN, TÓTH EVELIN

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Növényvédelmi Intézet, Kóréletani Osztály
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
nagy.veronika@agr.ar.mta.hu

Közel 80 fehérjelebontó folyamataiban sérült *Arabidopsis thaliana* inszerciós mutáns vonalat vizsgáltunk *Alternaria brassicicola* gomba fertőzése iránti fogékonyság szempontjából. A vizsgált genotípusok közül három vonal esetében észleltünk komolyabb eltérést a gomba- okozta tünetek szintjén vad típusú növényekkel összehasonlítva. Az így kiválasztott lókuszokkal kapcsolatban feltételezzük, hogy szerepet játszhatnak a növény *Alternaria*-val szemben megnyilvánuló betegségellenállóságában. Célunk, hogy e három korábban nem tanulmányozott *Arabidopsis* gén rezisztenciában betöltött szerepét jellemezzük, amit a negyedik kromoszómán található *At4g10540* lókusz vizsgálatával kezdtünk meg. Ez a gén a nukleotidsorrendje alapján szubtiláz aktivitású szerin-proteáz fehérjét kódol. Valós idejű PCR módszerrel meghatároztuk a gombabiomassza mennyiségét a vad típusú *Columbia* illetve az inszerciós mutáns növényekben. A mutáns növények esetében nagyobb gombabiomassza mennyiséget detektáltunk, ami valóban megnövekedett fogékonyságra utal. A gén jelentőségét komplementálási valamint túltermeltetési vizsgálatokban szeretnénk bizonyítani, sejtben való lokalizációját pedig GFP fúziósfehérje konstrukciókkal határozzuk meg. A szükséges klónozási lépéseket elvégeztük, a gént megszekvenáltattuk. cDNS biochip módszer segítségével elemezzük, hogy az *At4g10540* gén működésének hiánya miként befolyásolja a növény transzkripciós mintázatát kórokozóval történő fertőzés során.

Bevezetés

A különböző növényi védekezési folyamatok megismerése fontos információkat szolgáltat a betegségeknek jobban ellenálló növények előállításához. A rezisztencia több egymásra épülő folyamat eredménye, amely egyaránt tartalmaz növényi sejtelhalás nélküli és sejtelhalással járó folyamatokat (Bozsó és mtsai. 2009). A rezisztencia kialakulása szoros kontroll alatt álló folyamat, amely során számos élettani, biokémiai változás játszódik le a sejtekben.

Munkánk során a fehérjelebontó folyamatok egyes elemeinek szerepét tanulmányozzuk különféle rezisztencia típusokban. Saját és irodalmi adatok azt mutatták, hogy e géncsoport tagjai nagy számban változtatják meg aktivitásukat mikrobiális kórokozók támadása során, védekezésben betöltött szerepükről azonban keveset tudunk (Rautengarten és mtsai. 2005, Schmid és mtsai. 2005). A növényi fehérjelebontó rendszerek a védekezési reakciók különböző pontjain vehetnek részt a rezisztencia kialakításában: a felismerési reakciók létrehozásától kezdve (pl. az elicitor felszabadítása) a válaszreakció szabályozási folyamatainak kialakulásáig, például transzkripciós faktorok és egyéb jelátviteli folyamatban résztvevő fehérjék lebontása révén (Rose és mtsai. 2010).

Kutatómunkánk során elsősorban egy szerin-proteázt, a lúdfű 4. kromoszómáján lokalizált *At4g10540*-es szubtilázt vizsgáljuk, mert a lókuszhoz kapcsolódó mutáció tüneti szinten fogékonyságot okoz az *A. brassicicola* nekrotróf gombakórokozó fertőzése iránt.

A szubtilázokra jellemző, hogy egy három aminosavból álló katalitikus doménnel rendelkeznek mely aszparaginsavból, hisztidinből és szerinből áll, ahol az aszparaginsav feltételezhetően szubsztrát kötőhelyet alkot.

Magasabb rendű növényekben több szubtiláz géncsalád képviselteti magát, lúdfűben 56, rizsben 63 tagját ismerjük. Lúdfűben van a legnagyobb csoport a proteínlebontásban szerepet játszó faktorok között (Schaller 2004). A növényi szubtilázokról kimutatták, hogy a gázcserenyílás- illetve magfejlődésben és az apikális merisztéma és a sejtfaél védelmében játszanak szerepet, valamint közreműködnek peptid természetű növekedési faktorok szintézisében és az abiotikus környezetre való válaszadásban is (Rose és mtsai. 2010). Eddig két olyan szubtilázról ismert, amelyek a patogének elleni védelemben játszanak szerepet. Egyikük a paradicsomból izolált P69 nevű szubtiláz fehérje, a másik pedig a szójában található GmSub Peppoli peptid (Torneró és mtsai. 1996, Pearce és mtsai. 2010).

Anyagok és módszerek

Fertőzési és gombabiomassza-mérési kísérleteinkhez 6 hetes *Arabidopsis thaliana* 'Columbia' valamint T-DNS inszerciós mutáns növényeket használtunk fel (SALK_142870C, SALK_097102C, SALK_082139C). A növényeket burgonya-dextróz táptalajon tenyésztett *Alternaria brassicicola* gombaszuszpenzióval, permetezéssel fertőztük. A fertőzés mértékét a leveleken kifejlődő nekrotikusléziók száma és mérete alapján állapítottuk meg. A tüneteket 9 nappal az inokuláció után értékeltük. Gombabiomassza-mérési kísérleteinkhez az inokuláció utáni 3., 9. valamint 13. napon vettünk mintát a felső és az alsó levelekből. Ezt követően DNS-t vontunk ki GE Healthcare Phytopure Kit-tel. Majd a DNS mennyiségek kiegyenlítése után a real-time PCR reakcióhoz Kapa SybrFast Kit-et használtunk. Kontrollként a konstitutív kifejeződésű *At4g26410* gént használtuk (Czechowski és mtsai. 2005), a gombabiomassza detektálásához *Alternariabrassicicola* ITS régiójára tervezett primereket alkalmaztunk. A mintavételt és a mérést 3 ismétlésben végeztük. A statisztikai értékelést Student féle t-próbával végeztük el.

A komplementálási vizsgálatainkhoz előzetesen a szubtilázgénnel komplementer szekvenciával, Kozak-szekvenciával valamint restriktációs helyel ellátott primereket terveztünk a gén start kodonjától körülbelül 700 bázispárnyira, hogy a gént a távoli szabályozó elemeivel együtt tudjuk amplifikálni a vektorba klónozáshoz. A gén felszaporításához Phusion High Fidelity polimerázt használtunk. Ezt követően Viogene Gel-M gélizóláló kittel tisztítottuk a fragmentet. Az inszert klónozását *pGreen II* bináris vektorrendszerrel végeztük. A plazmidot Dh5 α kompetens sejtbe transzformáltuk, a sikeresen klónozott és transzformált telepek kiválasztása kék-fehér szelekción alapult. A klónok kiválasztása után plazmidot tisztítottunk Bio 101 Miniprep Express kittel majd a tisztított plazmidot szekvenáltattuk. A túltermeltetéshez valamint a GFP fúziósfehérje vizsgálatokhoz, gyökérből RNS-t izoláltunk Trizollal, ezt követően cDNS-t szintetizáltunk Thermo Scientific Revert Aid First Strand cDNA Synthesis Kit-tel, majd a szubtiláz génnel tervezett primerekkel amplifikált PCR terméket pGEM-TEasy vektorba klónoztuk és Dh5 α kompetens sejtbe transzformáltuk. A klónok kiválasztása után a plazmidtisztítást Bio 101 Miniprep Express kittel végeztük, az inszertet szekvenáltattuk.

Az *At4g10540* T-DNS inszerciós mutáns homozigóta állapotát és a mutáció pontos helyét bizonyítandó, az inszercióra specifikus valamint a mutációt szenvedett génnel tervezett primerekkel meghatároztuk a proteáz mutánsok genotípusát. A növények DNS kivonását Sigma RED Extract-N-Amp Tissue PCR Kit segítségével végeztük.

A génexpressziós mintázatot AgilentArabidopsis (V4) Gene Expression cDNS biochip rendszerrel vizsgáltuk fertőzött vad típusú, valamint szubtiláz mutáns növények cDNS mintáiból.

Eredmények és következtetések

A fertőzési vizsgálatokban három genotípuson észleltünk megnövekedett fogékonyságot illetve ellenállóságot a vad típushoz képest. Az *At4g10540* inszerciós mutáns, amely az általunk részletesebben vizsgált szerin-proteáz génben sérült vonal, valamint az *At2g38590* génnel mutáns, mely egy F-boksz fehérjében sérült genotípus esetében nagyobb mértékű volt a

nekrotikusléziók száma. Az *At4g23520* génben sérültvonal esetében mely egy cisztein-proteáz mutáns (*At4g23520*), a növények gombafertőzésre nagyobb mértékű ellenállóságot mutattak.

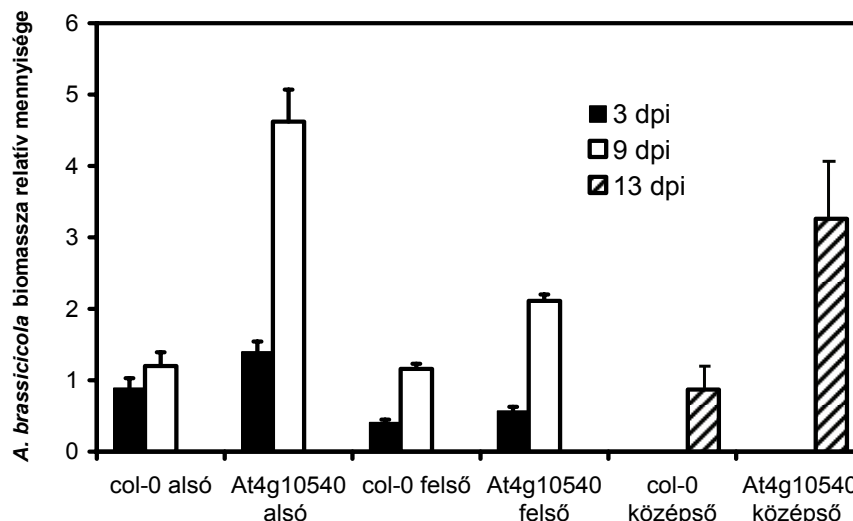
A valós idejű PCR-es kísérletek során megfigyeltük, hogy a fertőzés utáni 9. napon az *At4g10540* mutáns növények esetében erőteljesen megnövekedett a gombabiomassza mennyisége a vad típushoz képest, a relatív gombabiomassza mennyiség az alsó levelekben intenzívebb volt (1. ábra). A fertőzés utáni 13. napon a mutáns levelekben a biomassza mennyiség szintén magasabb volt. (A fertőzés utáni 3. napon nem tapasztaltunk még szignifikáns gombabiomassza növekedést.) Ezek az adatok arra utalnak, hogy a vizsgált gén által kódolt szubtiláz izoforma nem csupán a gomba által előidézett nekrotikus tünetek kifejlődésének gátlásában játszhat szerepet, hanem a gomba növekedését limitálni képes növényi rezisztencia kialakításában is.

Szekvenálás eredménye igazolta, hogy valóban a kívánt szekvenciát amplifikáltuk és klónoztuk, ami most már rendelkezésünkre áll komplementálási vizsgálatokhoz.

Genotipizálással igazoltuk a mutáció pontos jelenlétét az *At4g10540* gén mindkét allélje esetében.

A cDNsbiochip vizsgálat eredményei a kezünkben vannak, jelenleg elemezzük őket.

RT-PCR reakcióval bizonyítottuk, hogy a génről történik mRNS átíródás, ami azért lényeges, mert korábban kérdéses volt, hogy a gén kifejeződik-e.



1. ábra. *Alternaria brassicicola* gombabiomassza relatív mennyisége vad típusú (Col-0) és *At4g10540* mutáns *Arabidopsis* növények alsó, felső és középső leveleiben. A vad típusú és a mutáns növények gombabiomassza átlagai 9 és 13 nappal a fertőzés után szignifikánsan különböznek egymástól $P < 0,001$ (9 dpi) és $P < 0,05$ (13 dpi) szinten.

Irodalom

- Schaller, A. (2004) A cutabovethe rest: the regulatory function of plant proteases. *Planta* 220: 183-197.
- Bozsó, Z., Maunoury, N., Sztamari, A., Mergaert, P., Ott G, P., Zsíros, L., Szabó, E., Kondorosi, É., Klement, Z. (2009) Transcriptome analysis of a bacterially induced basal and hypersensitive response of *Medicago truncatula*. *Plant Mol. Biol.* 70:627-646.

- Czechowski, T., Stitt, M., Altmann, T., Udvardi, M. K., Scheible, W.F. (2005) Genome-wide identification and testing of superior reference genes for transcript normalization in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 139: 5–17.
- Pearce, G., Yamaguchi, Y., Barona, G., Ryan, C.A. (2010) A subtilisin-like protein from soybean contains an embedded, cryptic signal that activates defense-related genes. *PNAS* 107:14921-14925.
- Rautengarten, C., Steinhauser, D., Bussis, D., Stintzi, A., Schaller, A., Kopka, J. (2005): In ferring hypotheses on functional relationships of genes: Analysis of the *Arabidopsis thaliana* subtilase gene family. *PLoS Comput Biol* 1: e40
- Rose, R., Schaller, A., Ottmann, C. (2010): Structural features of plant subtilases. *Plant Signaling & Behavior* 5:2, 180-183
- Schmid, M., Davison, T.S., Henz, S.R., Pape, U.J., Demar, M., Vingron, M., Schölkopf, B., Weigel, D., Lohmann, J.U. (2005) A gene expression map of *Arabidopsis thaliana* development. *Nat. Genet.* 37: 501-506.
- Tornero, P., Conejero, V., Vera, P. (1996): Primary structure and expression of a pathogen-induced protease (PR-P69) in tomato plants: Similarity of functional domains to subtilisin-like endoproteases. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 93: 6332-6337

FAJÖSSZETÉTEL-VÁLTOZÁS TELEPÍTETT GYEPBEN KÜLÖNBÖZŐ TÁPANYAG-ELLÁTOTSÁGI SZINTEKEN

RAGÁLYI PÉTER¹, KÁDÁR IMRE¹, SZEMÁN LÁSZLÓ², CSONTOS PÉTER¹

¹ MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Agrokémiai és Növénytaplálási Osztály
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
ragalyi@rissac.hu

² Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Gyepgazdálkodási Tanszék
2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
szeman.laszlo@mkk.szie.hu

Egy műtrágyázási tartamkísérlet 28-36. éveiben, 2001-2009 között vizsgáltuk az eltérő N, P, K ellátottsági szintek és kombinációk hatását a réti csenkesz vezérnövényű, nyolckomponensű pillangós nélküli telepített gyep botanikai összetételére. A termőhely talaja a szántott rétegben mintegy 3% humuszt, 3-5% CaCO₃-ot és 20-22% agyagot tartalmazott. A kísérlet 4N×4P×4K=64 kezelést × 2 ismétlést = 128 parcellát foglal magában. A telepített gyepfajok közül a zöld pántlikafű, a réti komócsin, az angol perje, a réti csenkesz és a vörös csenkesz fokozatosan kipusztult, míg a csomós ebír borítása ingadozott. Előretört az évek során a nádképu csenkesz (26-32%), a taréjos búzafű (14%) és a betelepült árva rozsnok (14%). A gyomok borítása a kezdeti 1-2%-ról 6-7%-ra nőtt a ritkuló, öregedő gyepben. Az összes növényborítottság az első években mért 96-99%-ról a 9. évben 64%-ra csökkent. A botanikai összetételre jelentősen hatott az N×P ellátottság. A bőséges N és P ellátottság a nádképu csenkeszt ritkítja, míg az árva rozsnok és taréjos búzafű borítását növeli. Az összes növényborítás 2007-ben (fű+gyom fajok) az NP-kontroll talajon 52%-ot, az N₁P₁ kezelésben 90%-ot, az NP-túlsúlyos talajon 79%-ot tett ki. Az átlagos borítás 73%-nak adódott.

Bevezetés

A műtrágya másként hat a gyep egyes komponenseire: fűvekre, pillangósokra és gyomokra. Emiatt a gyepalkotók igénye és tűrőképessége alapján szelektál, egyes fajok fejlődését segíti, másokét fenntartja, ismét másokét elnyomja. Eltérő lehet az egyes fajok környezettel szembeni igénye, a gyeptársuláson belüli fejlődési stádiuma, összetétele stb., így összességében a gyep kevésbé érzékenyen reagál a külső hatásokra (Klapp 1971; Voisin 1961, 1965).

A kaszált gyepekben bőséges N-kínálat esetén a kevés, de gyorsnövésű faj, a szálfűvek kiszorítják a lassabban fejlődő aljűvek és a „virágzó” kétszikű fajok többségét. Hasonló hatású a P-trágyázás. A leginkább fajgazdag gyepek általában a legszegényebbek a talaj P-tartalmát tekintve. A P a N-nel együtt közvetlen befolyással bír a fajok közötti versengésre (Bánszky 1988, 1997).

Műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáltuk az eltérő tápláltsági állapot hatását telepített gyep botanikai összetételére. A gyepkeverék tartalmazott laza bokrú szálfűveket (réti és nádképu csenkesz, réti komócsin, csomós ebír), laza bokrú aljűveket (angol perje, taréjos búzafű), tarackos szálfűvet (zöld pántlikafű) és tarackos aljűvet (vörös csenkesz). A tartamkísérlet eredményeit Kádár (2013) ismerteti részletesen.

Anyagok és módszerek

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, a MTA ATK TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén. A termőhely löszön képződött karbonátos csernozjom talaja a szántott rétegben mintegy 3-5% CaCO₃-ot és 3% humuszt tartalmaz. A pH(KCl) 7,3, az AL-P₂O₅ 60-80 mg/kg, AL-K₂O 140-160 mg/kg, KCl-oldható Mg 150-180 mg/kg. A hazai szaktanácsadásunkban irányadó határértékek alapján igen jó Mn, kielégítő Mg és Cu, közepes N és K, valamint gyenge P és Zn ellátottsága a terület. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a kísérleti terület az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny.

A kísérletben gyenge, közepes, kielégítő és túlzott tápláltsági állapotot hoztunk létre. A N-t megosztva, felét ősszel, felét tavasszal alkalmaztuk pétisó formájában 0, 100, 200, 300 kg/ha/év N-adagban. A P és K trágyázás 0, 500, 1000, 1500 kg/ha P₂O₅ illetve K₂O adaggal történik, 5-10 évente ismételve a feltöltést. Legutóbb 1999 őszén végeztünk PK feltöltő trágyázást. A N, P és K műtrágyákat 4-4 szinten adagolva 1973 őszén minden lehetséges kombinációt beállítottunk 4N × 4P × 4K = 64 kezelés × 2 ismétlés = 128 parcellában. A parcellák mérete 6×6=36 m², elrendezésük kevert faktoriális. Talajvizsgálatokat 2005 őszén végeztünk. A kísérletben alkalmazott kezeléseket és a talaj szántott rétegének oldható elemtartalmát az 1. táblázat tekinti át.

1. táblázat. Kezelések és hatásuk a talaj szántott rétegének AL-oldható elemkészletére 2005-ben

Műtrágya adagok (a-d) és talajvizsgálati értékek (e-f)	Kezelések, illetve műtrágyázási szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
a) N kg/ha/év	0	100	200	300	-	150
b) N kg/ha/32 év	0	3200	6400	9600	-	4800
c) P ₂ O ₅ kg/ha/32 év	0	1500	3000	4500	-	2250
d) K ₂ O kg/ha/32 év	0	2500	5000	7500	-	3750
e) AL-P ₂ O ₅ mg/kg	87	214	444	704	56	362
f) AL-K ₂ O mg/kg	158	201	279	363	39	250

A gyeptelepítését az elővetemény (spenót) betakarítása után 2000. szeptember 20-án végeztük el 8 fűfajból álló vetőmag keverékkel. A vetőmag a Szarvasi Gyepnemesítő Telep (Bikazug) 1999. évi terméséből származott. A viszonylag sok komponens azt a célt szolgálta, hogy kellő borítottság alakulhasson ki és tájékozódjunk arról, mely fajok alkalmasak e termőhelyre (Kádár 2013).

Az alkalmazott fűmag keverék adag 60 kg/ha volt. A vetőmag keverék fajonkénti tömegéből, a fajok ezerszemtömege alapján meghatároztuk az egyes gyeppalkotók telepítését után várható növényállomány arányát. A réti csenkesz (*Festuca pratensis* Huds.) 15 kg-mal, növényarány szerint 18%-ot képvisel. Növény arány szerint a nádkéjú csenkesz (*Festuca arundinacea* Schreb.) 12%, az angolperje (*Lolium perenne* L.) 13%, a taréjos búzafű (*Agropyron pectinatum* (M.B.) R. et Sch.) 6%, a vörös csenkesz (*Festuca rubra* L.) 8%, réti komócsin (*Phleum pratense* L.) 19%, zöld pántlikafű (*Phalaroides arundinacea* L.) 15% és a csomós ebír (*Dactylis glomerata* L.) 9% részesedést adott. A vezérnövény virágzása előtti, bimbózási fenofázisban kaszáltunk. Az egyes komponensek változását Szemán László vizsgálta az első növedékben parcellánként.

A vizsgált 9 évből 3 év (2001, 2004, 2005) volt az átlagosnál csapadékosabb, míg 5 évben a csapadék mennyisége a telepen mért 47 éves átlag alatt maradt. Az 1. kaszálás általában május végén történt, míg a 2. kaszálásra többnyire szeptemberben került sor a csapadék függvényében. A 2003, 2007, 2008 években 2. kaszálás nem történt, a gyeptelepítés, gazdaságilag értékelhető terméseket nem adott. A felvételezésekre az 1. kaszálás idején került sor. Az elvetett fűfajok átlagos borítottságát évenként és parcellánként becsültük meg, a %-os borítottság adatait statisztikailag értékeltük.

Eredmények és következtetések

A gyepalkotó fűfajok borítottsági %-ainak alakulását az évek függvényében és a kísérlet főátlagainak tükrében mutatjuk be (2. táblázat). A réti csenkesz borítottsága kísérletünk első 2 évében 25-27% körül alakul, a vetett mag %-ának megfelelően. A 3. év után visszaszorul és a 6. évtől részaránya elenyésző a gyepben. A nádképi csenkesz részaránya nőtt az első 6-8 év folyamán. A 9. évben a borítási % visszaesik, de még mindig meghaladja a vetett mag %-os arányát. Az angolperje átlagos borítása 3 éven át arányos volt a vetett mag mennyiségével, majd a 4. évben felére csökkent, az 5., illetve a 6. évre gyakorlatilag kipusztult. A taréjos búzafű némileg előretört és a 9. évben is mintegy 50%-kal meghaladja a vetéskori borítottságát.

2. táblázat. Az elvetett fűfajok átlagos borítottságának évenkénti alakulása az 1. kaszálások idején

Fümagkomponensek megnevezése	Vetett mag %	Átlagos borítottság %-a a kísérletben								
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1.Réti csenkesz	25	25	27	20	15	8	2	1	-	-
2.Nádképi csenkesz	21	21	22	23	27	29	35	34	32	26
3.Angol perje	21	21	24	20	11	2	-	-	-	-
4.Taréjos búzafű	9	9	10	11	13	14	10	12	13	14
5.Vörös csenkesz	6	6	7	6	5	3	-	2	-	-
6.Réti komócsin	6	6	3	2	<1	<1	<1	-	-	-
7.Zöld pántlikafű	6	<1	<1	<1	1	1	1	1	<1	<1
8.Csomós ebír	6	6	6	6	8	8	8	5	6	3
Gyomok	-	2	<1	2	4	4	2	5	7	6
Árva rozsnok	-	<1	<1	3	5	7	10	14	16	14
Összes borítás		96	99	93	89	76	75	74	75	64

A vörös csenkesz kísérleti viszonyaink között 4 éven át tartotta vetéskori pozícióját. Az 5. évet követően már csak nyomokban fordult elő, 2007 után a szálfüvek előretörésének következtében kipusztult. A réti komócsin borítottsága már a 2. évben mérséklődött, míg a 3. év után kipusztult, amit a 2003. évi aszály is gyorsíthatott. A zöld pántlikafű már az 1. évtől csak nyomokban volt kimutatható, tehát nem volt képes igazán megtelepedni. A csomós ebír 8 éven át tartotta vetéskori pozícióját, az utolsó felvétel idején 2009-ben azonban már 3%-ra szorult vissza. A magyar vagy árva rozsnok (*Bromus inermis* Leys.) nem vetett faj, de a kísérlet 8-9. éveiben már 14-16%-os borítást mutat.

A 2. táblázatból az is kiolvasható, hogy a gyep öregedésével az átlagos borítottság fokozatosan csökkent, a gyomborítás viszont 1-2%-ról 6%-ra emelkedett a 128 parcella átlagában. A gyomok egyrészt a nagy NP-hiányú kezelésekben szaporodtak el, ahol a gyep kiritkult, másrészt azokon a foltokon, amelyek a jelentős NP-túlsúly nyomán zombékokat képező füvek között keletkeztek. A 9. évre 3 faj vált meghatározó komponenssé: nádképi csenkesz, taréjos búzafű és a betelepült rozsnok – tehát a 2 bokros és a betelepült tarackos szálfű. Ezt követi a gyomok csoportja és még említésre méltó a csomós ebír.

A botanikai összetétel változását az N×P ellátottsági szintek függvényében a 2007. évre vonatkozóan a 3. táblázatban közöljük. A K-trágyázás hatása elhanyagolható volt ezen a K-mal közepesen ellátott homokos vályogtalajon. Az 1. kaszálás idején, 2007. május 18-án uralkodó faj a nádképi csenkesz. A borítása 10-60% között változik az NP-ellátottsági szinteken. A 60% körüli maximális borítást a 100 kg/ha/év N-adagnál mutatja, tehát mérsékelten N-igényes. A növekvő P-ellátás önmagában nem módosítja a borítást. Tehát nem P-igényes, de N hiányában a talaj extrémén nagy oldható P-tartalma sem okoz igazolható depressziót. Az együttes NP-túlsúlyú tápláltsági szituációban viszont rendkívüli módon visszaszorul, az NP-túlsúlyt nehezen viseli el.

Az árva rozsok borítása 7-24% tartományban mozog az N×P kölcsönhatások eredőjeként. Önmagában sem a növekvő N, sem a növekvő P kínálata nem okoz a kontrollhoz viszonyítva igazolható változást. Az extrém NP-túlkínálaton maximális a jelenléte. Tehát rendkívül trágyaigényes, de együtt igényli a két meghatározó tápelem bőségét. Ez elmondható a taréjos búzafűre is, ahol a faj borítása még extrémebb módon, 0-32% között változik az N×P kölcsönhatások nyomán. Azzal a különbséggel, hogy a taréjos búzafű N-igényessége már a P-ral gyengén ellátott talajon is kifejezetté vált, hiszen a 0%-ról 15%-ra emelkedett (3. táblázat).

A csomós ebír és a vörös csenkesz borítottságát a P-kínálat igazolhatóan nem befolyásolta, ezért a P-kezelések átlagában közöljük a N-hatásokat. A csomós ebír mérsékelt N-reakciót mutatott 100 kg/ha/év körüli optimummal, de a N túlsúlyával sem mérséklődik igazolhatóan a borítottsága. A vörös csenkesz már a 100 kg/ha/év N-adagú kezelésekben kipusztult. Trágyaigényét a 34 éve trágyázatlan kontroll talajon is fedezni tudta.

Az összes borítottság 73%-ot tett ki 2007-ben. A gyomok ebből 5, a zöld pántlikafű 1%-ot képviselt átlagosan. A N-hiányos parcellákon 53%, az N 100 kg/ha/év kezelésekben 86% borítást mértünk. A N-túlsúllyal a borítottság az optimálishoz képest 12%-kal, 74%-ra esett vissza. Maximális összes borítás a mérsékelt N₁P₁ szinten jelentkezett 90%-kal (3. táblázat).

3. táblázat. Az N × P ellátottsági szintek hatása a gyep botanikai összetételére 2007. 05.18-án
Borítottsági % a K-kezelések átlagában

AL-P ₂ O ₅ mg/kg	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
	Nádképi csenkesz, %					
87	34	60	42	32		42
214	29	62	21	17	8	32
444	33	59	19	10		30
704	29	61	17	10		29
Átlag	31	61	25	17	4	34
	Magyar rozsok, %					
87	7	8	7	9		8
214	11	10	21	20	6	16
444	9	14	23	21		17
704	11	9	23	24		17
Átlag	9	10	18	19	3	14
	Taréjos búzafű, %					
87	0	2	14	15		8
214	<1	4	22	24	6	13
444	0	3	26	24		13
704	0	4	29	32		16
Átlag	<1	3	22	24	3	12
Átlag	<1	8	6	6	3	5
	Csomós ebír, %					
Átlag	<1	8	6	6	3	5
	Vörös csenkesz, %					
Átlag	6	0	0	0	3	2
	Összes borítottság, % (gyepfajok + gyom)					
87	52	78	73	71		69
214	53	90	78	74	6	74
444	55	88	78	70		73
704	52	88	81	79		75
Átlag	53	86	77	74	3	73

Megjegyzés: A gyomborítás 5%, a zöld pántlikafű 1% átlagosan.

Gyomnövény nagyobb tömegben a N-kontroll és a N-nel gazdagon ellátott kezelésekben fordult elő. Jellemző fajok a vadrezeda, apró szulák, mezei acat, kanadai betyárkóró, pásztortáska és tarackbúza. Az alacsony N szintű kezelések hatására a korábbi

évekhez képest egyre több pillangós települt be: egyes parcellákon a komlós lucerna és a lednek 10% borítást is elért, de csüdfű, fehérhere és kaszanyűg bükköny is megjelent.

Irodalom

- Bánszky, T. (1988) NPK műtrágya mennyiségi és aránykísérlet intenzív telepített gyepen. *Növénytermelés* 37: 247-257.
- Bánszky, T. (1997) Telepített gyepek NPK műtrágyázása csernozjom talajon. *Növénytermelés* 46: 499-508.
- Kádár, I. (2013) A gyepek műtrágyázásáról. MTA ATK TAKI. Akaprint. Budapest. 290 p.
- Klapp, E. (1971) Wiesen und Weiden. 4. Auflage. P. Parey. Berlin.
- Voisin, A. (1961) Lebendige Grasnarbe. BLV Verlagsgesellschaft. München.
- Voisin, A. (1965) Fertilizer application. Soil, plant, animal. Crosby Lockwood. London.

HOMOKTALAJ NEDVESSÉG ÉS HŐMÉRSÉKLET DINAMIKÁJA NÖVÉNYTERMESZTÉSI KÍSÉRLET KEZELÉSEIBEN

SÁNDOR RENÁTA¹, RAJKAI KÁLMÁN¹, FODOR NÁNDOR²

¹ MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Agrokémiai és Növénytaplálási Osztály
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
sandor.renata@agrar.mta.hu
rajkai.kalman@agrar.mta.hu

² MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Mezőgazdasági Intézet, Növénytermesztési Osztály
2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.
fodor.nandor@agrar.mta.hu

Örbottyáni humuszos homoktalajon beállított trágyázási és öntözési kisparcellás kísérletben vizsgáltuk meg a talajnedvesség és a talajhőmérséklet változását. A kísérlet 4 parcellája kezelése: öntözött, nem öntözött, műtrágyázott, nem műtrágyázott voltak, két ismétlésben. A parcellaátlók mentén, egymástól 5 m-re béléscsőveket helyeztünk el, amelyekben hetenként, 0,1 m-es felbontásban 0,8 m mélységig mértük meg a talaj nedvességtartalmát TDR-elvű szondával. A meteorológiai paraméterek mellett minden parcellán rögzítettük a levélfelület index (LAI) és a növénytömeg változását. A talaj nedvességtartalmát és hőmérsékletét a talaj 5 mélységében követtük.

Megállapítottuk, hogy a kezelések befolyásolják a növényborítottság mértékét, melynek hatása egyértelműen kimutatható a talaj hőmérsékletének és nedvességtartalmának változásában. A növényzet csökkentette az átlagos talajhőmérsékletet és a hőmérséklet szélsőértékeit is. A téli időszakban a hóréteg befolyásolta a felszín közeli talajrétegek hőmérsékletét. Továbbá a kisebb LAI értékű parcellák felszín közeli talajrétegei jobban kiszáradtak a nagyobb talajpárolgás következtében.

Bevezetés

A talaj nedvességtartalma szabályozza a növényi növekedést és ezáltal a szárazföldi ökoszisztémák biomassza produkcióját, továbbá meghatározóan befolyásolja a talajfolyamatok dinamikáját, beleértve az eróziót, a talajkémiai folyamatokat, az oldott anyagok szállítását és végső soron a talajképződést (*Western és mtsai. 2003*).

A talajhőmérséklet szintén fontos talajváltozó. Befolyásolja ugyanis a csírázást (*Nabi és Mullins 2008*), a növényi növekedést (*Liu és Huang 2005*), a tápanyag- felvételt (*Dong és mtsai. 2001*), a talajlégzést (*Boone és mtsai. 1998*), az evaporációt (*Katul és Parlange 1992*), valamint a talajban lejátszódó fizikai (*Rahi és Jensen, 1975*), kémiai (*Paraíba és mtsai., 2003*), és mikrobiológiai folyamatok (*Pietikäinen és mtsai. 2005*) sebességét. A talajhőmérséklet éves és napi dinamika is jellemzi, melyek különböző mértékben befolyásolják a talaj tulajdonságokat, és a növényi növekedés ütemét (*Rajkai 2001*). A talajhőmérséklet dinamikáját a csapadékon és a léghőmérsékleten túl, a levélfelület-index (LAI) értéke és a talajnedvesség dinamikája is jelentős mértékben meghatározza.

A vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy az eltérő kezelésekben kialakuló különböző növényborítottság, milyen mértékben befolyásolja a talajhőmérséklet és nedvesség dinamikáját.

Anyagok és módszerek

Vizsgálatainkat őrbottyáni karbonátos homoktalajon végeztük, ahol 8 db 10 × 15 m-es parcellán 2010 és 2012 között kukoricát termesztettünk. A három év 4 kezelése két ismétlésben: kontroll, öntözött, műtrágyázott, ill. öntözött és műtrágyázott volt.

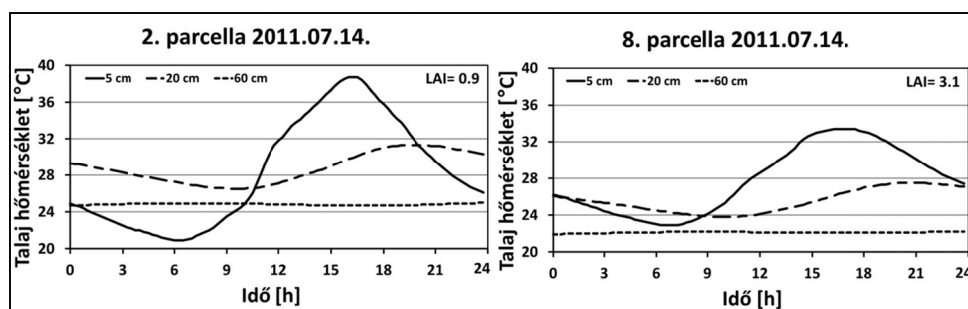
A korábbi vizsgálatok talajjellemző értékei: térfogattömeg: 1,67 gcm⁻¹; homok frakció: 86,3 %; vályog-: 8,3 %; agyag-: 5,4 %; humusztartalom: 0,91 %; CaCO₃ tartalom: 5,1 % (Fodor és mtsai. 2011).

A talajhőmérséklet mérő szondákat a parcellák közepén helyeztük el 5, 10, 20, 40 és 60 cm-es mélységben. A mérés 2010. május 20. óta folyamatos, 15 perces (a téli időszakban 30 perces) felbontásban. A használt talajhőmérő pontossága ± 0,5 °C, felbontása 0,1 °C.

A talaj nedvességtartalmának meghatározásához TDR (Topp és Davis 1985) elvű mérésen alapuló készüléket alkalmaztunk. A műszer a talaj dielektromos permittivitását méri (Rajkai, 1991), amely szoros kapcsolatban van a nedvességtartalommal. A hordozható szonda (IMKO TRIME-FM3) a talaj térfogatszázalékos nedvességtartalmát méri. A TDR módszer előnye, hogy a mérést a talaj oldott iontartalma csak csekély mértékben befolyásolja (Dalton és van Genuchten 1986), illetve ez a jelenleg ismert (speciális védőfelszerelés nélkül használható) legpontosabb és legerjedtebb terepi mérési módszer. A mintaterületen parcellánként 3 db speciális plexiből készült, vékony falú 1 méteres béléscsővet helyeztünk el a parcellaátlók mentén, egymástól 5 m távolságra. A talajnedvesség adatok felvételezését 0-80 cm között, 10 cm-es felbontásban, 7-10 napos rendszerességgel végeztük a vegetációs időszakokban, 2010. április 16-a óta.

Eredmények és következtetések

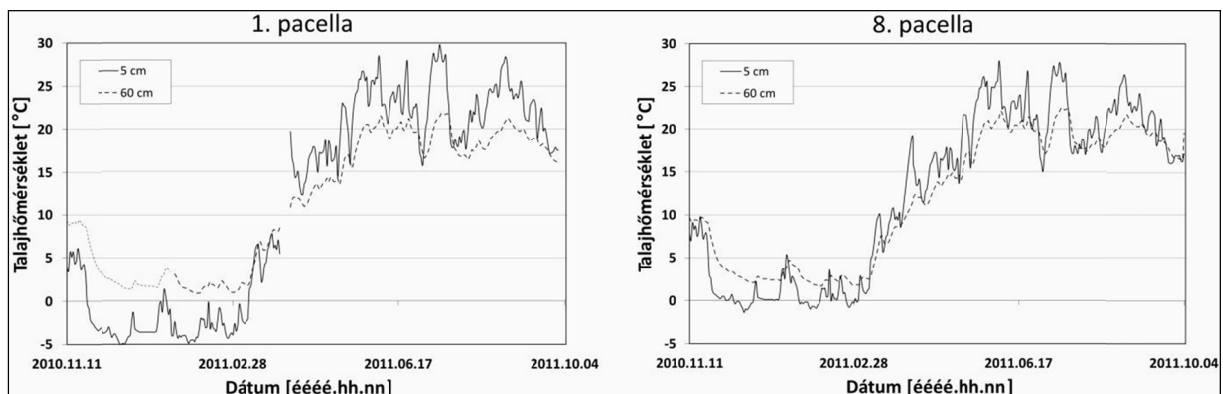
A levélfelület index hatása egyértelműen kimutatható a talaj hőmérsékletének változásában (1. ábra) a kezeléseken. A műtrágyázott 8. parcella növényzete jobban fejlett volt a kiválasztott időpontban, 2011. július 14-én, a levélfelület index értéke 3,1, míg a 2. parcella növényzetének a LAI értéke 0,9 volt. Több mint 5 °C különbséget mértünk a két parcella 5 cm-es mélységében a talajhőmérséklet maximumában. A 20 cm-es talajmélységben az észlelt különbség szintén jelentős, 3,8 °C volt. Ebben a mélységben a talajhőmérsékleti maximum a levegő hőmérséklet maximumánál 6 órával később, – naplementekor – jelentkezett. A 60 cm-es mélységben a talaj hőmérsékletváltozása igen csekély mértékű, de jól látható (1. ábra), hogy a műtrágyázott parcella fejlettebb növényzete alatt kevésbé melegedett fel a talaj.



6. ábra. A talajhőmérséklet mélység szerinti változása a LAI függvényében, kontroll (2. parcella) és műtrágyázott (8. parcella) területeken.

A műtrágyázott, nem öntözött kezelések 5 cm-es mélységben mért talajhőmérsékletének dinamikájában mutattunk ki jelentősebb eltérést (2. ábra), míg a 60 cm-es mélységben nem volt kimutatható különbség. A 2011-es vegetációs időszak során az 1. parcella maximális LAI értéke 2,4 volt. A jelentősebb növényborítottság következtében, 5 cm-es mélységben a 8. parcella mérsékeltebben melegedett fel.

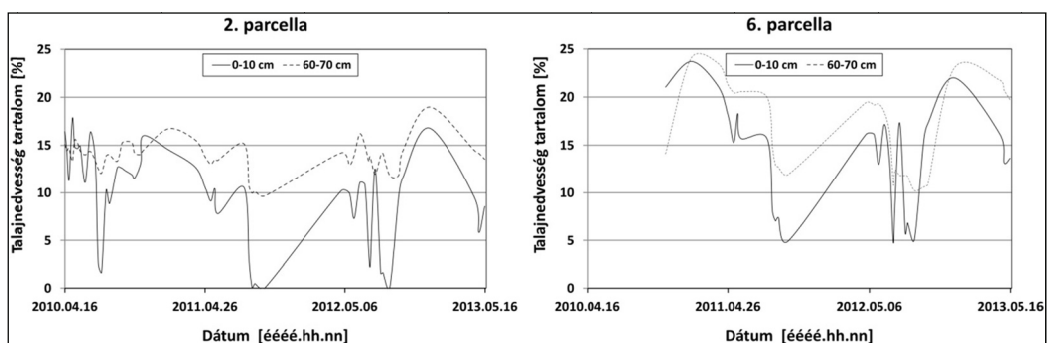
Az 1. és 8. parcellán mért téli talajhőmérsékletek esetében lényeges eltérés figyelhető meg (2. ábra). A 8. parcella minimum értéke a vizsgált időszakban $-1,4^{\circ}\text{C}$ volt, míg az 1. parcellán $-5,3^{\circ}\text{C}$ -ot mértünk. Az eltérés valószínű oka, hogy a téli időszakban a talaj hőmérsékletét alapvetően a hóréteg kialakulása befolyásolja. A vizsgált parcellák között szintkülönbség figyelhető meg és a mintaterület a 8. parcella irányába lejt. A lejtés, illetve a szél hatásának következtében a 8. parcella fölött vastagabb hóréteg keletkezhetett, mint az 1. parcellán. A hóréteg kis hővezető képessége folytán mérsékli a talaj lehűlését a hótakaró alsó határán (Sándor és Fodor 2012).



7. ábra. A talajhőmérséklet dinamikája 5 cm és 60 cm-es mélységekben, műtrágyázott, nem öntözött területeken (1. és 8. parcella). Folytonos vonal: 5 cm-es mélység, szaggatott vonal: 60 cm-es mélység.

A talajnedvesség dinamikájában lényeges különbség mutatkozik a 2. és a 6. parcella között (3. ábra). 0-10 cm-es mélységben a 2. parcella többször teljesen kiszárad, míg az öntözött a 6. parcella nem. Öntözés csak a legkritikusabb időszakokban történt, mikor a talaj nedvességtartalma 7 térfogatszázalék alá csökkent.

A vegetációs időszak alatt lényeges eltérés figyelhető meg a LAI értékekben. A 2011-ben a 2. parcella maximális LAI értéke 1,41, míg a 6. parcella legnagyobb LAI értéke 3,0 volt (3. ábra). Terepi megfigyeléseink alapján, a gyéresebb növényborítottságú sorok között mért felső 10 cm-es talajréteg nedvességtartalma kisebb volt, mint a közvetlenül a növények mellett mért értékek. A növényborítottság csökkentheti az evaporáció mértékét, így a felszín közeli talajrétegek kevésbé száradnak ki.



8. ábra. A talajnedvesség tartalom változása 0-10 cm és 60-70 cm-es mélységekben, kontroll (2. parcella) és műtrágyázott, öntözött (6. parcella) között. Folytonos vonal: 0-10 cm-es mélység, szaggatott vonal: 60-70 cm-es mélység.

Összefoglalás

Különböző kezelések esetén a LAI hatása egyértelműen kimutatható a talaj hőmérsékletének változásában. A levélfelület értékek közötti nagy különbség az 5 cm mélységben mért talajhőmérséklet értékek maximumában 5 °C eltérést is okozhat.

A növényzet fejlettségi állapota befolyásolja a hőmérséklet dinamikáját, azáltal, hogy csökkenti az átlagos talajhőmérsékletet és a hőmérsékleti szélsőértékeket is.

A hóréteg kialakulása és vastagsága befolyásolja a talaj hőmérsékletének minimumát, mivel szigetelő hatásának köszönhetően mérsékli a felszín közeli talajrétegek lehűlését.

A talajnedvesség változását befolyásolhatja a növényborítottság mértéke. A kisebb LAI értékű növényzetű parcella jobban kiszáradt a talajfelszín közelében a jelentősebb evaporáció következtében, mint a nagyobb növényborítottságú terület.

Köszönetnyilvánítás

„A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP 4.2.4. A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgató, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg”.

Irodalom

- Boone, R.D., Nadelhoffer, K.J., Canary, J.D., Kaye, J.P. (1998) Roots exert a strong influence on the temperature sensitivity of soil respiration. *Nature* 396: 570–572.
- Dalton, F.N. van Genuchten, M. 1986. The time-domain reflectometry method measuring soil water content and salinity. *Geoderma* 38: 237-250.
- Dong, S., Scagel, C.F., Cheng, L., Fuchigami, L.H., Rygielwicz, P.T. (2001) Soil temperature and plant growth stage influence nitrogen uptake and amino acid concentration of apple during early spring growth. *Tree Physiology* 21 (8): 541-547.
- Fodor, N., Sándor, R., Orfanus, T., Lichner, L., Rajkai, K. (2011) Evaluation method dependency of measured saturated hydraulic conductivity. *Geoderma* 165: 60-68.
- Katul G.G. Parlange, M.B. (1992) Estimation of bare soil evaporation using skin temperature measurements. *Journal of Hydrology* 132: 91–106.
- Liu, X. Huang, B. (2005) Root physiological factors involved in cool-season grass response to high soil temperature. *Environmental and Experimental Botany* 53 (3): 233-245
- Nabi, G. Mullins, C.E. (2008) Soil temperature dependent growth of cotton seedlings before emergence. *Pedosphere* 18: 54-59.
- Paraíba, L.C., Cerdeira, A.L., Da Silva, E.F., Martins, J.S., Da Costa Coutinho, H.L. (2003) Evaluation of soil temperature effect on herbicide leaching potential into groundwater in the Brazilian Cerrado. *Chemosphere* 53: 1087– 1095.
- Pietikäinen, J., Pettersson, M., Bååth, E. (2005) Comparison of temperature effects on soil respiration and bacterial and fungal growth rates. *FEMS Microbiology Ecology* 52: 49–58.
- Rahi, G.S. Jensen, R.D. (1975) Effect of temperature on soilwater diffusivity. *Geoderma* 14: 115–124.
- Rajkai, K. (1991) A talajfelszín nedvességtartalmának mérése TDR - módszerrel. *Hidrológiai Közöny* 71: 37-43.
- Rajkai, K. (2001) Szemle: Modellézés és modellhasználat a talajtani kutatásban. *Agrokémia és Talajtan* 50: 469-508.
- Sándor R., Fodor N., (2012) Simulation of Soil Temperature Dynamics with Models Using Different Concepts. *TSWJ* Article ID 590287, 8 pages, 2012. doi:10.1100/2012/590287.

- Topp, G.C. Davis, J.L. (1985) Measurement of soil water content using time-domain reflectometry. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 19-24.
- Western, A.W., Grayson, R.B., Blöschl, G., Wilson, D.J. (2003) Spatial variability of soil moisture and its implications for scaling. In: Pachepsky, Y., Radcliffe D.E., Selim M.H. 2003. *Scaling methods in soil physics*. CRC Press. Pp. 119-142.

HAZAI BAROMFI FAJOKBÓL ÉS VADMADARAKBÓL IZOLÁLT *BORDETELLA AVIUM*, *ORNITHOBACTERIUM RHINOTRACHEALE* ÉS *RIEMERELLA ANATIPESTIFER* TÖRZSEK ANTIBIOTIKUM-ÉRZÉKENYSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

SZABÓ RÉKA¹, GYURIS ÉVA², WEHMANN ENIKŐ¹, MAGYAR TIBOR¹

¹MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Állatorvos-tudományi Intézet, Légzőszervi bakteriológia témacsoport
1143 Budapest, Hungária krt 21.
szabo.reka@agr.ar.mta.hu

²NÉBIH Állategészségügyi Diagnosztikai Igazgatóság
1149 Budapest, Táborkok u. 2.

38 *Ornithobacterium rhinotracheale*, 20 *Bordetella avium* és 57 *Riemerella anatipestifer* törzs antibiotikum rezisztenciáját vizsgáltuk korongdiffúziós módszerrel. Az *O. rhinotracheale* törzsekkel szemben az ampicillin, chloramphenicol, spectinomycin és tilmocozin voltak hatékonyak, azonban a törzsek nagy része rezisztensnek bizonyult gentamicinnel, sulphomethoxazol/trimethoprimmal, és sulfonamidokkal szemben. A *B. avium* izolátumok rezisztensek voltak ceftiofurral és lincomycinnel szemben, de érzékenyek doxyciklinre, gentamicinre, spectinomycinre és sulfonamidokra. A *R. anatipestifer* törzsek érzékenyek bizonyultak ampicillinre, amoxicillinre, doxyciklinre és penicillinre, de nem volt hatékony a ciprofloxacín, erythromycin, gentamicin, lincomycin. A korábban izolált törzsek több antibiotikumra voltak rezisztensek, mint a frissebb izolátumok, ami a rezisztencia terjedésére utal.

Bevezetés

Az antibiotikumokkal szembeni rezisztencia terjedése mind orvosi, mind állatorvosi szempontból aggodalomra ad okot. A multirezisztens Gramnegatív baktériumok egyik potenciális rezervoárjának a haszonállatokat tartják. A rezisztens kórokozók elterjedéséhez az állatorvosi gyakorlat túlzott és ésszerűtlen antibiotikum használata is hozzájárul, miközben az élelmiszeripar egyre inkább az antibiotikum-használat minimalizálását követeli meg az élelmiszer-termelő állatokban. A hazai izolátumok antibiotikum érzékenységéről szóló aktuális adatok ezért nélkülözhetetlenek a hatékony, célzott antibiotikum használatához.

A légzőszervi megbetegedések világszerte jelentős gazdasági károkat okoznak a baromfiiparban. A *Bordetella avium*, az *Ornithobacterium rhinotracheale* és a *Riemerella anatipestifer* egyike a számos légzőszervi kórokozónak.

Az *O. rhinotracheale* fertőzés az egész világon elterjedt baromfi fajokban és vadmadarakban is. A klinikai tünetek súlyossága és a mortalitás széles skálán mozog, mely tényezőket számos környezeti tényező is befolyásol. Az elmúlt években az *O. rhinotracheale* által okozott megbetegedések előfordulása nőtt, az antibiotikumos kezelések hatékonysága pedig csökkent (van Veen és mtsai. 2001).

A *B. avium* által okozott pulyka rhinotracheitis (coryza) leggyakrabban 2-6 hetes pulykákban jelentkezik, de több madárfajban is megfigyelték már a betegséget. A *B. avium* egy aktuális jelentés szerint a harmadik legnagyobb kihívást jelentő fertőző kórokozó az amerikai pulykatenyésztés számára (Beach és mtsai. 2012).

A *R. anatipestifer* által okozott betegség széles körben elterjedt, leggyakrabban 2-8 hetes kacsák és libák érintettek. Más vízimadarak, de pulykák, házityúk és fácánok is megbetegedhetnek (Yu és mtsai. 2008).

Anyagok és módszerek

A vizsgált *O. rhinotracheale* törzseket Magyarországon izolálták 2001-2012 között. Az izolátumok közül 31 származott pulykából, 4 háziyúkból, 2 galambból egy pedig héjából (*Accipitergentilis*).

A 20 *B. avium* izolátum közül 6 törzset Németországban, 1985-ben izoláltak, 14-et pedig Magyarországon 2004-2012 között. Egy törzs származott kacsából, egy lúdból, egy fogolyból, a többi pedig pulykából.

A *R. anatipestifer* törzseket 2004-2011 között gyűjtött, hazai izolátumok voltak. 49 lúdból, 6 kacsából 2 pedig pulykából került izolálásra.

Az antibiotikum rezisztenciát korongdiffúziós módszerrel vizsgáltuk, a Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) nehezen tenyészthető Gram negatív baktériumokra kiadott ajánlásának (2011) megfelelően. A rezisztencia meghatározása a CLSI által megadott határértékek alapján történt.

A plazmid izolálást GenElute™ HP Plasmid Miniprep Kit (Sigma) segítségével végeztük.

Eredmények és következtetések

Minden *O. rhinotracheale* törzs érzékeny voltampicillinre, chloramphenicolra, spectinomycinre és a legtöbb tilmocossinra is, azonban a törzsek nagy része rezisztensnek bizonyult gentamicinnel, nalidixsavval, sulphomethoxazol/trimethoprimmal, polymixin B-vel és sulfonamidokkal szemben, ami az irodalmi adatokkal megegyezik (*Murthy és mtsai. 2008, Malik és mtsai. 2002*). A héja és galamb eredetű törzsekkel szemben több antibiotikum volt hatékony, mint a baromfiból származó törzsekkel szemben. A héjából származó törzs egyike volt annak a néhány izolátumnak, ami erythromicinre, és az egyetlen, aminalidixsavra érzékeny volt. Az erythromicin, lincomycin, penicillin and polymyxin B a 2001-ben gyűjtött törzsekkel szemben hatékonynak bizonyultak, a 2009-2012 között izoláltak ellen azonban kevésbé. Az amoxicillint és azerythromicint többen hatékonynak találják (*Devriese és mtsai. 1995, Malik és mtsai. 2002, Murthy és mtsai. 2008*), az általunk vizsgált törzseknek azonban csak 48 illetve 41%-a volt érzékeny ezekre az antibiotikumokra.

Az összes *B. avium* izolátum rezisztens voltceftiofurral és lincomycinnel szemben, és érzékeny doxyciklinre, gentamicinre, polymixin B-re, spectinomycinre és sulfonamidokra. A tilmicosin és asulphomethoxazol/trimethoprimis hatékonynak bizonyult. A német törzseka többitől eltérő rezisztencia mintázatot mutattak: rezisztensek voltak ceftiofurral szemben, de érzékenyek penicillinre és ampicillinre. *Mortensen és mtsai (1989)* vizsgálatában az összes *B. avium* izolátum rezisztens volt penicillinnel szemben, de érzékeny volt gentamicinre és cefoperazonra. *Beach és mtsai (2012)* harmadik generációs cephalosporinokkal és ampicillinnel szemben fokozott rezisztenciát írtak le, ám a penicillineket hatékonynak találták.

A *R. anatipestifer* törzsek érzékenyek bizonyultak ampicillinre, amoxicillinre, doxyciklinre és penicillinre. A törzsek nagy százaléka rezisztens volt ciprofloxacinra, erythromycinre, gentamicinre, lincomycinre és ofloxacinra, tobramycinre pedig az összes vizsgált törzs. A gentamicin és aneomycin hatékony volt a 2004-2006 között izolált törzsek legnagyobb része ellen, azonban a 2010-2011 között gyűjtött törzsek mindegyike rezisztens volt neomycinnel szemben és - három kivételével - gentamicinnel szemben is. Azt a néhány törzset, ami lincomycinre érzékenyek bizonyult, szintén 2005-ben izolálták. Más vizsgálatokban *R. anatipestifer* törzsek nem voltak érzékenyek penicillinre, cephalosporinokra, aztreonamra, és trimethoprim/sulphamethoxazolra, neomycinre azonban igen (*Zhong és mtsai. 2009, Chen és mtsai. 2010*). A streptomycin, kanamycin, gentamicin, apramicin, amikacin, neomicin, nalidixsav és sulfadimidin MIC₅₀ és MIC₉₀ értékek *Sun és mtsai (2012)* vizsgálatában magasak voltak, ampicillin és florfenicol esetében azonban alacsony értéket figyeltek meg.

Az *O. rhinotracheale* törzsekből nem sikerült plazmidot izolálni, míg a vizsgált *R. anatipestifer* törzsek feléből egy ~9000 bp méretű plazmidot mutattunk ki.

Eredményeink megerősítik azt a megfigyelést, hogy az *O. rhinotracheale* elleni antibiotikus kezelés hatékonysága csökkenő tendenciát mutat (van Veen és mtsai. 2001). Kisebb mértékben, de hasonló trend figyelhető meg a *B. avium* és a *R. anatipestifer* esetében is.

A tény, hogy a vadmadárból származó törzs több antibiotikumra volt érzékeny, rávilágít, hogy a jelenlegi antibiotikum használat hozzájárul a rezisztens kórokozók terjedéséhez. Ezt támasztja alá az is, hogy a német *B. avium* törzsek rezisztencia mintázata eltért a hazai izolátumokétól, amit a két országban és két időszakban eltérő terápiás gyakorlat magyaráz.

Irodalom

- Beach N. M., Thompson S., Mutnick R., Brown L., Kettig G., Puffenbarger R., Stockwell S. B., Miyamoto D., Temple L. (2012) *Bordetella avium* antibiotic resistance, novel enrichment culture, and antigenic characterization. *Veterinary Microbiology*. 160: 189–196.
- CLSI. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Twenty-First Informational Supplement *CLSI document M100-S21*. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2011.
- Chen, Y. P., Tsao, M.Y., Lee, S.H., Chou, C.H., Tsai, H.J. (2010) Prevalence and molecular characterization of chloramphenicol resistance in *Riemerella anatipestifer* isolated from ducks and geese in Taiwan: *Avian Pathology*. 39: 333-338.
- Devriese, L. A., Hommez, J., Vandamme, P. and Haesebrouck, F. (1995) In vitro antibiotic sensitivity of *Ornithobacterium rhinotracheale* strains from poultry and wild birds. *Veterinary Record*, 137: 435-436.
- Malik Y. S., Olsen K., Kumar K., and Goyal S. M. (2002) *In Vitro* Antibiotic Resistance Profiles of *Ornithobacterium rhinotracheale* Strains Isolated from Minnesota Turkeys During 1996–2002. *Avian Diseases*. 47: 588–593.
- Mortensen J. E., Brumbach A. and Shryock T. R. (1989) Antimicrobial Susceptibility of *Bordetella avium* and *Bordetella bronchiseptica* Isolates. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 33: 771-772
- Murthy T. R. K. G., Dorairajan N., Balasubramaniam G. A., Dinakaran A. M. and Saravanabava K. (2008) *In vitro* antibiotic sensitivity of *Ornithobacterium rhinotracheale* strains isolated from laying hens in India. *Veterinarski Arhiv*. 78: 49-56.
- Sun N., Liu J. H., Yang F., Lin D. C., Li G. H., Chen Z. L., Zeng Z. L. (2012) Molecular characterization of the antimicrobial resistance of *Riemerella anatipestifer* isolated from ducks. *Veterinary Microbiology* 158: 376–383.
- van Veen, L., Hartman, E., Fabri, T. (2001) *In vitro* antibiotic sensitivity of strains of *Ornithobacterium rhinotracheale* isolated in the Netherlands between 1996 and 1999. *Veterinary Record*. 149: 611-613.
- Yu, C.-Y., Liu, Y.-W., Chou, S.-J., Chao, M.-R., Weng, B.-C., Tsay J.-G., Chiu, C.-H., Wu, C. C., Lin, T. L., Chang C.-C., Chu, C. (2008) Genomic diversity and molecular differentiation of *Riemerella anatipestifer* associated with eight outbreaks in five farms *Avian Pathology*. 37: 273-279.
- Zhong, C.Y., Cheng, A.C., Wang, M.S., Zhu D.K., Luo, Q.H., Zhong, C.D., Li, L., Duan, Z. (2009) Antibiotic susceptibility of *Riemerella anatipestifer* field isolates. *Avian Diseases* 53: 601-607.

TALAJ MIKROBIÁLIS VÁLASZOK NEHÉZFÉMEKKEL SZENNYEZETT ÁRTERÜLETEN (TOKA-PATAK, GYÖNGYÖSOROSZI)

SZILI-KOVÁCS TIBOR, TAKÁCS TÜNDE, MÁTHÉ-GÁSPÁR GABRIELLA, ANTON ATTILA

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Talajbiológiai és Biokémiai Osztály
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
szili-kovacs.tibor@agrar.mta.hu

A talaj nehézfém szennyezettsége általában kedvezőtlen hatással van a talajmikrobiótára, és a talaj biológiai aktivitására. Gyöngyösoroszi mellett, nehézfémekkel szennyezett Toka-patak árterületén vettünk talajmintát a fitoremediációs célból ültetett fűz és kukorica növény sorokból. A talajminták nehézfém-tartalma, elsősorban a Pb, Zn, Cu, Cd a patakhoz közelebb nagyobb volt, ugyanakkor a növény sorok között nem tért el. A kloroform fumigációs módszerrel meghatározott talaj mikrobiális biomasza C, és a szubsztrát-indukált respiráció a szennyezett talajokban jóval kisebb, míg a metabolikus kvóciens és a foszfatáz enzimaktivitás jóval nagyobb volt, mint a kevésbé szennyezett mintákban. Ez alátámasztja a mikrobiótára gyakorolt kedvezőtlen hatást. A mért talajbiológiai jellemzők a talaj nehézfém-tartalommal szignifikáns korrelációt mutattak, ugyanakkor a pH-val a kötöttséggel és az összes só-tartalommal is szoros összefüggésben voltak.

Bevezetés

A Gyöngyösoroszi község közelében lévő ólom- és cinkbánya és az ércfeldolgozó üzem felszámolása után nagyterjedésű szennyezett terület maradt vissza. A talajban mérhető nehézfém feldúsulás több okra vezethető vissza (*Ódor és mtsai. 1998*). A legnagyobb mértékű szennyezést a Toka-patak mentén, az árterületen a talaj felső rétegében mérték, ami az ismétlődő árvizekkel magyarázható (*Horváth és Gruiz 1996*). Habár nagyon sok vizsgálat történt korábban a talajok fémszennyezésével kapcsolatban, az ólom- és cinkbányával összefüggő árvizekkel előidézett talajszennyezés talajbiológiai hatásait korábban nem vizsgálták. A bányászat révén nehézfémekkel (Cu, Zn, Pb, Cd) szennyezett talajok szacharáz, ureáz, savas foszfatáz aktivitása, mikrobiális biomasza C, N és P, a N mineralizáció lecsökkent, míg az alaprespiráció és a metabolikus kvóciens (qCO_2) megnőtt a kontrollhoz képest (*Liao és Xie 2007, Zhang és mtsai. 2010*).

Munkánk célja, annak a kiderítése, hogy egy nehézfémekkel szennyezett árterület talajában (i) van-e különbség a talaj nehézfém felhalmozódásban a fitoremediációban alkalmazott növénytől (kukorica és fűz) vagy a pataktól való távolságtól függően; (ii) kimutathatók-e különbségek a talaj mikrobiális tulajdonságokban a szennyezés mértékétől és a növényzettől függően; (iii) kimutatható-e összefüggés a talaj biológiai tulajdonságok, a fizikai és kémiai jellemzők továbbá a talajokban mért fémtartalmak között.

Anyagok és módszerek

A kísérleti mintaterület Gyöngyösoroszi településtől délre, kb. 300 méterre a falu és az ún. mezőgazdasági víztározó között volt a Toka-patak mellett közvetlenül (47°49' É, 19°54' K; 211 m tszfm.). A talajtípus Fluvisol, szerves-C 2.3%, összes N 0.15%, pH_{CaCl_2} 7.1, mésztartalom 0.9% volt. Átlagos szemcseösszetétele: 31% homok, 49% iszap, 20% agyag. A partközeli 5-10 méteres zónában frissen lerakódott üledék volt (szennyezett), míg a 15 méternél távolabbi rész a talajanalízis eredményei alapján nem, vagy csak kis mértékben volt szennyezett. A lerakódott üledék nehézfémeket (cink (Zn), ólom (Pb), kadmium (Cd), réz (Cu) és higany (Hg)) és nemfémes elemeket (arzén (As) és kén (S)) megnövekedett koncentrációban tartalmazott. Fitoremediációs kísérletet állítottak be 2003-

ban fűz (*Salix* sp.) és kukorica (*Zea mays* L.) alkalmazásával. Előtte a teljes növényzetet eltávolították a területről.

A talajmintákat 18 pontról vettük három ültetvényt sor mentén a patakra merőlegesen egy erőteljes áradást követően, a víz visszahúzódása után. 3-3 mintavételi pont volt két fűzfa-ültetvényt sor és egy kukorica sor mentén a szennyezett és nem szennyezett területen. Minden egyes talajminta hat egyedi hengerminta (0-20 cm) egyesítéséből származott. A mintákat a laboratóriumban történt alapos keverés után felosztottuk talajnedvesség, kémiai és talajbiológiai vizsgálatok számára. A kiszáritott szitált (<2mm) mintákból Arany-féle kötöttséget (K_A), humuszt (SOC), mésztartalmat, pH-t és összes só tartalmat mértünk. Továbbá az összes elem tartalmát MSZ 21470-50:1998 (MSZ. 1998) a potenciálisan felvehető elemtartalmat LE-extraktumból (Lakanen és Erviö 1971) ICP analízissel mértük. A talajbiológiai vizsgálatokhoz a talajmintákat eredeti nedvességtartalom mellett szitáltuk (<2mm) és 4 °C-on tároltuk az analízisig. A talaj alap- (BRESP) és szubsztrát-indukált respirációját (SIR) a talajból képződött CO₂ mérése alapján gázkromatográfiaval mértük (Szili-Kovács és Török 2005). A talaj mikrobiális biomassza C-t (MBC) kloroform fumigációs extrakciós módszerrel mértük (Vance és mtsai. 1987). A respirációs kvóciens (qCO_2) azaz az egységnyi mikrobiális biomassza C alaprespirációját és a mikrobiális biomassza C per összes talaj szerves C arányt (MBC/SOC) is kiszámítottuk a mért adatokból. A savas foszfatáz (foszfomono-észteráz) aktivitást (APA) Tabatabai és Bremner (1969) szerint mértük.

A statisztikai elemzést kéttényezős variancia-analízissel végeztük. A változók között Spearman-féle nemlineáris korreláció-elemzést végeztünk.

Eredmények és következtetések

A nem szennyezett talajokban marginálisan szignifikánsan nagyobb volt a szerves anyag ($p=0,097$) és pH ($p=0,070$). A talajnedvesség szignifikánsan nagyobb volt ($p=0,014$) a szennyezett talajmintákban. Az Arany-féle kötöttség a szennyezett talajmintákban kisebb volt, aminek az lehet a magyarázata, hogy a szennyezőanyagot is tartalmazó üledékben a homokfrakció jelentős. Az összes sótartalom is a szennyezett talajokban volt nagyobb. Az As, Pb, Zn, Cu, Cd, Ca és S szignifikánsan nagyobb volt a szennyezett talajmintákban (I. táblázat), míg a foszfor és a kálium mennyisége a nem szennyezett mintákban volt nagyobb. A talajtulajdonságokban a három növényi sor mentén is mutatkoztak eltérések. Bár az As, Pb, Zn, Cu, Cd, P tartalmakban nem volt különbség, a felvehető/összes Cd és Zn aránya a fűz és kukorica sorok között szignifikánsan különbözött. Az összes só tartalom a fűz-1 vonala mentén szignifikánsan nagyobb volt, mint a kukoricánál, a fűz-2 a kettő között volt és nem különbözött szignifikánsan. Az Arany-féle kötöttségi érték a kukorica vonalában szignifikánsan kisebb volt, mint a fűz-1 és fűz-2 vonalban. A talaj pH és szervesanyag-tartalom nem különbözött a három növény vonalában.

A talaj alap respirációja marginálisan nagyobb volt a szennyezett mintákban ($p=0,079$). A szubsztrát-indukált respiráció és a mikrobiális biomassza C szignifikánsan kisebb, míg a foszfatáz-aktivitás nagyobb volt szennyezett zónában. A két számított index, a qCO_2 szignifikánsan nagyobb, míg a MBC/SOC szignifikánsan kisebb volt a szennyezett zónában.

A növényi sorokat összehasonlítva a talaj alaprespirációja szignifikánsan kisebb a kukoricánál, mint a fűz-1- és fűz-2-nél, míg a szubsztrát-indukált respiráció szignifikánsan eltért mind a három vonalban, a kukoricánál volt a legnagyobb, a legkisebb a fűz-1-nél. A talaj mikrobiális biomassza C a fűz-2-nél volt a legnagyobb, a fűz-1 és kukorica nem különbözött szignifikánsan egymástól. A legnagyobb foszfatáz-aktivitás a kukorica vonalban, a legkisebb a fűz-2-nél volt, a fűz-1 a kettő között volt, és nem tért el. A respirációs kvóciens (qCO_2) a fűz-1-nél volt a legnagyobb a kukoricánál a legkisebb, a fűz-2 a kettő között volt. A MBC/SOC arány a fűz-2-nél volt a legnagyobb, míg a kukorica és fűz-1 nem tért el szignifikánsan.

A rangkorrelációs vizsgálat a vizsgált talajfizikai, kémiai és biológiai jellemzők között számos szignifikáns összefüggést tárt fel. Az Arany-féle kötöttség (K_A) negatív korrelációban

volt a toxikus nehézfém-koncentrációkkal (Cd, Pb, Zn, As, Cu), de pozitív korrelációban a foszforral, a szervesanyaggal és a pH-val (2. táblázat). A szubsztrát-indukált respiráció pozitív korrelációt mutatott a talaj mikrobiális biomassza C-nel, a MBC/SOC-gal, és negatív korrelációt a qCO_2 -vel. A SIR továbbá korrelációt mutatott a szervesanyag-tartalommal a LE-foszforral, a pH-val, és az arany-féle kötöttséggel, negatív korrelációban volt az összes sóval valamint a Cd, Pb, Zn, As és Cu tartalommal (3. táblázat). A foszfatáz-aktivitás negatív korrelációt mutatott a LE-foszforral, és a talaj mikrobiális biomassza C-nel, a MBC/SOC-al, míg pozitív korrelációt a talaj toxikus elem tartalmával (3. táblázat). Eredményeink általában összhangban vannak a szakirodalmakban közöltekkel, kivéve a foszfatáz-aktivitást ami várakozásainkkal ellenkező tendenciát mutatott.

1. táblázat. A talajminták szennyező elemtartalma (királyvizes kivonás) a Gyöngyösoroszi, Tokapatak melletti ártéri mintaterületen

Minták	Cd	Hg	Pb	Zn	As	Cu
<i>Fűzsor-1 nem-szennyezett</i>						
1	0,360	<0,12	35	141	21,3	62,3
2	0,932	<0,12	65	274	25,4	100
3	0,575	<0,12	47	199	22,6	87,6
<i>Fűzsor-1 szennyezett</i>						
4	19,7	1,77	1409	3181	216	325
5	11,9	0,947	724	2190	147	197
6	16,9	1,79	1620	2873	204	315
<i>Fűzsor-2 nem szennyezett</i>						
7	0,618	<0,12	47	211	23,1	84,5
8	1,05	<0,12	64	285	24,4	90,4
9	0,698	<0,12	56	221	21,6	105
<i>Fűzsor-2 szennyezett</i>						
10	28,8	3,11	2827	4417	341	494
11	18,9	1,29	1183	3185	190	298
12	15,4	2,08	1974	2650	240	365
<i>Kukoricásor nem szennyezett</i>						
13	0,524	<0,12	47	188	22,3	93,0
14	0,625	<0,12	53	240	22,9	107
15	0,635	<0,12	56	213	22,2	103
<i>Kukoricásor szennyezett</i>						
16	19,8	2,66	1047	3544	253	297
17	18,4	5,98	1097	3370	308	306
18	15,7	1,36	722	2933	196	226

Az adatok $mg\ kg^{-1}$ egységben.

2. táblázat. Spearman-féle rangkorreláció a talajfizikai és kémiai továbbá néhány talajbiológiai változó között

	SIR	qCO_2	MBC/SOC	APA	SOC	pH_{H_2O}	K_A	összes só
MBC	0,777	-0,586	0,979	-0,668	NS	0,755	0,789	-0,621
SIR		-0,779	0,776	NS	0,485	0,862	0,678	-0,733
qCO_2			-0,625	NS	NS	-0,728	NS	0,739
MBC/SOC				-0,637	NS	0,747	0,804	-0,664
APA					NS	-0,555	NS	0,453(+)
SOC						NS	0,610	-0,390
pH_{H_2O}							0,632	-0,738
K_A								NS

SIR= szubsztrát-indukált respiráció; qCO_2 =metabolikus hányados; MBC/SOC= mikrobiális biomassza C/talaj összes szerves C; APA=foszfatáz-aktivitás; K_A =Arany-féle kötöttség; NS= nem szignifikáns

A talaj nehézfém felhalmozódása a pataktól való távolságtól erősen függött, míg a fitoremediációban alkalmazott növény (kukorica és fűz) nem befolyásolta azt szignifikánsan. A mért talajbiológiai tulajdonságok a szennyezettségtől és a növényzettől is függő változást mutattak. A talajbiológiai jellemzők a pH-val a kötöttséggel és az összes sótartalommal mutattak szoros összefüggést, a talaj szervesanyag tartalma csak a szubsztrát-indukált respirációval mutatott összefüggést. Az összes és a LE-kioldható fémtartalom negatív korrelációban volt a talaj mikrobiális biomasszával, de pozitív összefüggésben a qCO₂-el és a foszfatáz aktivitással.

3. táblázat. Spearman-féle rangkorreláció a királyvizes (X-Tot) vagy a LE-kivonható (X-LE) elemtartalom és a mikrobiális tulajdonságok között

	BRESP	SIR	MBC	qCO ₂	MBC/SOC	APA
Cd-Tot	NS	-0,757	-0,735	0,770	-0,744	0,556
Cd-LE	0,539	-0,728	-0,616	0,858	-0,637	0,465(+)
Pb-Tot	NS	-0,667	-0,649	0,793	-0,703	0,526
Pb-LE	NS	-0,692	-0,661	0,82	-0,688	0,545
Zn-Tot	NS	-0,757	-0,758	0,713	-0,765	0,573
Zn-LE	0,515	-0,701	-0,627	0,828	-0,644	0,48
As-Tot	NS	-0,77	-0,759	0,684	-0,772	0,523
As-LE	NS	-0,70	-0,61	0,60	-0,583	NS
Cu-Tot	NS	-0,623	-0,677	0,765	-0,724	0,624
Cu-LE	NS	-0,686	-0,696	0,831	-0,74	0,564

BRESP= alaprespiráció; SIR= szubsztrát-indukált respiráció; MBC= mikrobiális biomassza C; qCO₂=metabolikus hányados; MBC/SOC= mikrobiális biomassza C/talaj összes szerves C; APA=foszfatáz-aktivitás; NS= nem szignifikáns

Köszönetnyilvánítás

A munka költségeit a GVOP (AKF 0257 és AKF 0261) támogatás biztosította.

Irodalom

- Horváth, B., Gruiz, K. (1996) Impact of metalliferous ore mining activity on the environment in Gyongyosoroszi, Hungary. *Sci. Total Environ.* 184: 215-227.
- Lakanen, E., Erviö, R. (1971) A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soil. *Acta Agricultura Fennica* 123: 223-232.
- Liao, M., Xie, X.M. (2007). Effect of heavy metals on substrate utilization pattern, biomass, and activity of microbial communities in a reclaimed mining wasteland of red soil area. *Ecotox. Environ. Safety* 66: 17-223.
- Ódor, L., Wanty, R.B., Horváth, I., Fügedi, U. (1998) Mobilization and attenuation of metals downstream from a base-metal mining site in the Mátra Mountains, northeastern Hungary. *J. Geochem. Exp.* 65: 47-60.
- Szili-Kovács, T., Török, K. (2005) Effect of carbon addition on soil microbial activity and biomass on abandoned sandy fields (in Hungarian). *Agrokémia és Talajtan* 54: 149–162.
- Tabatabai, M. A., Bremner, M. (1969) Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1: 301-307.
- Vance, E.D., Brookes, P.C., Jenkinson, D.S. (1987) An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.
- Zhang, F.P., Li C.F., Tong L.G., Yue L.X., Li P., Ciren Y.J., Cao C.G. (2010) Response of microbial characteristics to heavy metal pollution of mining soils in central Tibet, China. *Appl. Soil Ecol.* 45: 144–151.

FITOSTABILIZÁCIÓS TECHNOLÓGIÁK OPTIMALIZÁLÁSA IRÁNYÍTOTT MIKORRHIZÁCIÓVAL

TAKÁCS TÜNDE, FÜZY ANNA, MURÁNYI ATTILA, UZINGER NIKOLETT,
ANTON ATTILA

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Talajtani és Agrokémiai Intézet, Talajbiológiai és Biokémiai Osztály
1022 Budapest, Herman Ottó u. 15.
takacs@rissac.hu

Szabadföldi kiscellás kísérletben vizsgáltuk az irányított mikorrhizáció hatását a toxikus fémek és nemfémek növényi felvételére. Kísérletünket a Tatai Környezetvédelmi Zrt. területén, a vörösiszap tározó felszínén kialakított háromféle rendszerben- I. komposztos talajkompozitum; II. humifikált szennyvíziszapos és III. talajtakarásos (lignittel és lignit nélkül) - állítottuk be. Szelektált arbuskuláris mikorrhiza gomba (AMF) oltóanyagok hatását AMF kezelt és kontroll alparcellákon telepített pázsitfűféléken (gyep és virágosnád) teszteltük. Az alkalmazott talajborítások 0-30 cm-éből vett talajminták összes fém- és nemfemes elemtartalma (az As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn és Zn esetén) a minták többségében meghaladta a B talajszennyezettségi határértéket. Az AM gomba oltás növényi elemfelvételre gyakorolt hatása a vizsgált elem mennyiségétől és minőségétől, valamint a gazdanövénytől függően jelentős eltéréseket mutatott. A virágosnád hajtásában az AMF oltás hatására As-, Cr-, Cu-, Pb-koncentráció szignifikánsan csökkent, míg a gyepnél a Cd-, Cr- és Pb-koncentrációk magasabbak voltak a kontroll parcellák növényeiben mért értékeknél.

Bevezetés

A talajok szennyezettsége potenciálisan toxikus fémekkel és nemfémekkel különösen nagy környezeti és humán-egészségügyi kockázattal bír. Ilyen típusú talajszennyezések igen költségesen számolhatók fel és az okozott környezeti kár sok esetben visszafordíthatatlan folyamat. A hagyományos remediációs technológiák, kármentesítési eljárások mellett, hogy költségesek, legtöbb esetben nem orvosolják teljes egészében a problémát. A bioremediációs eljárások célja a biológiai talajfunkciók fokozása a biodegradációt és/vagy a növények növekedését, toleranciáját elősegítő mikrobiális oltóanyagok alkalmazásával. A nehézfémek (NF) okozta szennyezések fitostabilizációjánál a mikrobiológiailag támogatott eljárásokban a mikrobák a fémek növény általi felvételét a kizárás irányában képesek befolyásolni.

Legtöbb szárazföldi növény mikotróf, kölcsönösen előnyös szimbiózisban él arbuskuláris mikorrhiza gombákkal (AMF). Az AM a legelterjedtebb és egyben legősibb mikorrhiza-típus. Jelentősége sokrétű: a gazdanövények táplálkozását, ellenállóképességét a tápanyagok felvételére, a gyökerek növekedésére és morfológiájára, tápanyagfelvételi mechanizmusára, továbbá a növények különböző élettani és fejlődési folyamataira gyakorolt direkt és indirekt hatásai révén befolyásolja (Brundrett 2009). Az AMF oltott növények NF felvételével kapcsolatos irodalmi forrásmunkák ellentmondásosak. A publikációk nagy része tenyészedény kísérletekben végzett vizsgálatokon alapul és az oltás kedvező hatásáról számol be, amelyknél az AM gombák kolonizációja a közeg magas fémtartalma esetén csökkenti a gazdanövény fémfelvételét (Takács 2012). A szabadföldi kísérletekről, és alkalmazásokról azonban kevés irodalmi adat áll rendelkezésre. Kiscellás szabadföldi kísérletünkben szelektált, fémtoleráns AM gomba oltóanyagok alkalmazhatóságát vizsgáltuk a fitostabilizációs technológiák hatékonyságának növelésében betöltött szerepüket illetően. Vizsgálatainkat a Tatai Környezetvédelmi Zrt. területén, a vörösiszap felszínén kialakított háromféle talajtakarási rendszerben végeztük, ahol a jelenleg is alkalmazott borítási eljárás és e tekintetben lehetséges, alternatív megoldásokat hasonlítottunk össze, mind takarás mind pedig növényzet szempontjából.

Anyagok és módszerek

Szabadföldi kísérletünket a Tatai Környezetvédelmi Zrt. területén, az almásfüzitői vörösiszap tározó felszínén kialakított kb. 300 m²-es parcellákon (kb. 25 m² alparcellán) végeztük. Növénytelepítés céljából a vörösiszap felszín 1 m vastagságban négyféle módon került takarásra: -I. homogén rétegrendben komposzt, talajkompozitum (alkalmazott borítási mód); II. humifikált szennyvíziszapos takarás heterogén rétegrendben és III. talajtakarásos (III/B lignittel és III/A lignit nélkül). A parcellák talajainak több pontból származó (0-30 cm), kiszárított mintáiból fizikai és kémiai (tápanyagtartalom, potenciálisan toxikus elemtartalom) talajvizsgálatok történtek. Mindegyik parcella talaja könnyű mechanikai összetételű homokos vályog talaj volt; nagy mennyiségű CaCO₃-tartalommal (11-23%), közel azonos pH_(H₂O) mellett (7-8) jelentősen eltérő humusztartalommal bírtak (I.: 9,3; II.: 6,9; III/A: 2,8; III/B: 1,9). Az összes elemtartalmat MSZ 21470-50:1998 (MSZ. 1998) a potenciálisan felvehető (reaktív) elemtartalmat LE-extraktumból (Lakanen és Erviö 1971) ICP analízátorral mértük (1. táblázat).

A fent nevezett borítási rendszerben vizsgálatainkat szelektált arbuszkuláris mikorrhiza gomba (AMF) oltóanyagokkal kezelt és kontroll parcellákon telepített gyepen és virágosnád (*Myscanthus sinensis* Gracillimus) teszt növényeken végeztük. A „legelő L1” fűmagkeveréket 50 g m⁻² mennyiségben alkalmaztuk és a következő fajokat tartalmazta: magyar rozsnok (*Bromus inermis* ssp. Leys; 25%), csomós ebír (*Dactylis glomerata*; 20%), vörös csenkesz (*Festuca rubra*; 5%), angolperje (*Lolium perenne*; 25%), zöldpántlikafű (*Boldingera arundinacea*; 5%), taréjos búzafű (*Agropyron cristatum*; 5%), nádképi csenkesz (*Festuca arundinacea*; 5%), egyéb (különböző kétszikűek, gyomok, idegen fűmagok; 10%). Mikrobiológiai kezelésként kétféle AMF oltóanyagot használtunk: *Glomus mosseae* és egy kevert *G. mosseae* és *G. intraradices* izolátumokat tartalmazó inokulumot (120 g m⁻²). A virágosnád (100 g / tő) ültetése során az oltóanyagot közvetlenül palánták alá juttattuk az ültető gödrökbe. Az AMF oltás hatékonyságát a fitostabilizáció tekintetében a növényi toxikus elemkoncentrációk alapján értékeltük. A hajtás potenciálisan toxikus fém tartalmát ICP analízissel végeztük. Az AMF gyökérekolonizációs mutatókat Trouvelot és mtsai. (1986) módszerén alapuló mikroszkópos vizsgálatot követően értékeltük. Az adatok statisztikai elemzését egy- és kéttényezős variancia-analízissel végeztük (p<0,05; p<0,01; p<0,001).

Eredmények és következtetések

A parcellákból származó talajminták vizsgálata során a királyvizes és reaktív elemtartalmak feltárásának eredményeiből az 1. táblázatban azokat a potenciálisan toxikus fémek és nemfémek koncentrációit mutatjuk be, melyek koncentrációi a B talajszennyezettségi határértéket bármely parcellában meghaladták. Az arzén (As), kadmium (Cd), króm (Cr), réz (Cu), higany (Hg), nikkel (Ni), ólom (Pb) és cink (Zn) esetében a Cd, Cu és Hg kivételével az összes és reaktív elemtartalmak az alkalmazott takarási technológia (I. parcella) talajaiban szignifikánsan magasabbak voltak, mint az alternatív borítási módokat vizsgáló parcellákban.

A „gyep” esetén a hajtás Cd-, Cu-, Cr- és Pb-koncentrációi- szorosan korrelálva a parcellák talajainak fém tartalmával - az I. parcellához viszonyítva mindegyik talajtakarásnál szignifikánsan alacsonyabb értéket mutattak (2. táblázat). A Zn-nél és Ni-nél az I. parcella növényeihez viszonyítva a III. parcella (lignit nélküli III./A és lignites III./B) növényeinek hajtásának volt alacsonyabb a fém tartalma. A virágosnád esetén a vizsgált elemek hajtásbeli koncentrációban az I. és II. parcella esetén nem volt különbség, míg a III./A és III./B parcellák növényeiben mért koncentrációk alacsonyabbak voltak (2. táblázat). A III. parcellán belül a lignit, mint kémiai stabilizálószer alkalmazása nem volt jelentős hatással a növényi elemtartalmakra sem a gyepnél sem pedig a virágosnádnál. A parcellák talajainak toxikus elem tartalmában mutatkozó jelentős különbségekből adódóan az AM gomba oltás elemfelvételre gyakorolt hatása a vizsgált elem mennyiségétől és minőségétől függően parcellánként tendenciabeli eltéréseket mutatott. A növényi elemtartalmakra gyakorolt szignifikáns AMF hatás alacsony gyökérekolonizációs értékek mellett is kimutatható volt.

Kéttényezős variancia-analízis eredményeként elmondható, hogy a gyep esetén a Cd-nál az AMF1, a Cr-nál mindkettő (AMF1,2) és az Pb esetén az AMF2 jelzésű AM gomba kezelések növényeiben szignifikánsan magasabb elemtartalmakat mértünk, mint a kontroll növényekben (2. táblázat). A hajtásban mért Cu-, Ni- és Zn-koncentrációkra az AMF oltás nem volt hatással. Az As- és Hg-koncentrációk a mérés érzékenységből adódóan a legtöbb esetben a kimutathatósági határkoncentráció alá estek. Ezzel szemben a virágosnád hajtásában a fent nevezett fémek koncentrációit nézve az As-, Cr- és Pb-nál mindkét AMF kezelés hatására szignifikáns csökkenés volt kimutatható (2. táblázat). A Cu- koncentrációja az AMF2-vel kezelt növényekben alacsonyabb volt, mint a kontroll növények levelében. A két AMF alkalmazás között gazdanövényenként a fémek és nemfémek koncentrációiban a Cu kivételével szignifikáns különbség nem volt kimutatható.

I. táblázat. A talajminták összes és reaktív szennyező elemtartalma (*:p<0,05; **:p<0,01; ***:p<0,001 szinten szignifikáns az alkalmazott takarási technológia (I. parcella) adataihoz viszonyítva)

Toxikus fémek és nemfémek összes koncentrációi a talajok 0-30 cm-es rétegében /Királyvizes kioldás (mg kg ⁻¹)/								
Parcella	As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cr mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹
I.	61,7	12,7	305	701	5,8	124	478	1842
II.	41,3***	9,35**	235***	510***	2,5***	86***	298***	1247***
III./A	9,10***	6,53	52***	160***	0,6	35***	45***	221***
III./B	6,90***	5,66	39***	89***	0,50	30***	32***	130***
Toxikus fémek és nemfémek reaktív koncentrációi a talajok 0-30 cm-es rétegében /Lakanen és Erviö/(mg kg ⁻¹)/								
I.	3,24	6,86	8,83	204	<kh	31	210	881
II.	2,35	5,185	6,93*	139	<kh	22*	156**	564***
III./A	1,17**	5,00	1,77***	68***	<kh	7,83***	24***	107***
III./B	0,71***	4,38	1,15***	48***	<kh	5,19***	19***	64,6***
B talajszennyezettségi határérték (6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet) /összes kioldható mg kg ⁻¹ /								
	15	1,0	75	75	0,5	40	100	200

(<kh: kimutatási határ alatti koncentráció; As: 0,4 mg kg⁻¹; Hg: 0,12 mg kg⁻¹); I.: alkalmazott talajtakarási technológia-homogén rétegrendben talajkompozitum II.: heterogén rétegrendben humifikált szennyvíziszap; III./A: homogén rétegrendben talajtakarás; III./B: heterogén rétegrendben talajtakarás lignittel

Parcellákra vonatkoztatva a gyeppen és a virágosnád levelekben mért elemkoncentrációk mennyiségükben és az AM gombákkal való oltásra adott válaszban is jelentősen eltértek egymástól. A koncentrációkban a virágosnád esetében az AMF oltás hatására csökkenés a gyepeknél pedig növekedés volt tapasztalható. Fitoremediációs/stabilizációs eljárásokban a pázsitfűfélék csoportjához tartozó növények- szárazság- és bolygatástűrő képességük, kiterjedt gyökérzetük és kis mértékű fémakkumulációs képességük miatt- alkalmazása gyakori (EPA 2001). Fitostabilizációs potenciálját tekintve (Schmidt 2003) a virágosnád és szelektált arbuszkuláris mikorrhiza gomba oltóanyagok együttes fitoremediációs alkalmazása magas toxikus fémtartalommal rendelkező talajok esetén is hatékony integrált eljárás lehet a hagyományos eljárásokkal szemben. A helyspecifikus fitoremediációban szelektált gazdanövény-AMF párosítások a fémfelvétel növelését és csökkentését célzó elvárásoknak egyaránt megfelelelhetnek (Takács 2012). A *Miscanthus* sp. fajok, mint energianövények fitoremediációs célú alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatai amellet, hogy a szennyezők környezeti és humánegészségügyi kockázatának csökkentésére koncentrálnak találkoznak a biomassa alapú megújuló energiaforrások termesztésére irányuló törekvésekkel is (Stewart és mtsai. 2009). Az arbuszkuláris mikorrhiza gombák szelektált oltóanyagainak alkalmazása mindkét cél támogatásában-a biomassa-produkció növelése és a toxikus elemfelvétel csökkentése- optimalizálásában jelentős szerepet játszik.

2. táblázat. Toxikus fémes és nemfémes koncentrációi kevert fajösszetételű gyepp növényeinek és a virágosnád hajtásában a talajborítás típusa és az AM gomba kezelés függvényében (*:p<0,05 szinten szignifikáns az alkalmazott takarási technológia (I. parcella) és kontroll (K-mikorrhiza gomba oltás nélküli kezelés) adataihoz viszonyítva)

GYEP csoportátlagok		As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cr mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹
A tényező	I.	0,56	0,34	3,51	12,73	<kh	5,03	3,86	88,6
	II.	<kh	0,19*	1,57*	8,11*	<kh	6,55	1,42*	80,2
	III./A	<kh	0,20*	0,90*	7,78*	<kh	1,58*	1,49*	41,9*
	III./B	<kh	0,14*	1,73*	6,94*	<kh	4,83	1,05*	44,0*
B tényező	K	<kh	0,17	0,6	7,43	<kh	3,23	1,19	64,01
	AMF1	0,33	0,25*	2,59*	9,87	<kh	5,39	2,16	66,09
	AMF2	1,30	0,23	2,60*	9,37	<kh	4,87	2,52*	61,06
VIRÁGOSNÁD csoportátlagok		As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cr mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Hg mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹
A tényező	I.	<kh	1,47	7,44	52,11	<kh	4,73	21,91	136
	II.	<kh	1,50	7,49	48,12	<kh	5,43	18,92	171
	III./A	0,82*	0,54*	1,32*	7,59*	<kh	1,60*	1,56*	24,5*
	III./B	0,83*	0,62*	1,56*	8,04*	<kh	1,17*	1,69*	21,7*
B tényező	K	2,21	0,95	5,43	37,42	<kh	3,57	14,55	95,6
	AMF1	1,57*	1,14	4,11*	28,82	<kh	3,14	10,23*	76,0
	AMF2	1,38*	1,01	3,82*	20,65*	<kh	2,98	8,28*	93,8

(<kh: kimutatási határ alatti koncentráció; As: 0,4 mg kg⁻¹; Hg: 0,12 mg kg⁻¹); I.: alkalmazott talajtakarási technológia-homogén rétegrendben talajkompozitum II.: heterogén rétegrendben humifikált szennyvíziszap; III./A: homogén rétegrendben talajtakarás; III./B: heterogén rétegrendben talajtakarás lignittel; AMF1-*Glomus mosseae* oltóanyaggal kezelt parcella, AMF2-*Glomus mosseae* és *G. intraradices* kevert oltóanyag (1:1)

Köszönetnyilvánítás

A munka költségeit a (MOKKA) NKFP 3/020/2005 támogatás biztosította.

Irodalom

- Brundrett, M. (2009) Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant Soil* 320: 37-77.
- EPA (2001) Brownfields technology primer: Selecting and using phytoremediation for site cleanup. *NSCEP Cincinnati, Ohio*, pp. 1-24.
- Lakanen, E., Erviö, R. (1971) A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soil. *Acta Agr. Fin.* 123: 223-232.
- Schmidt, U. (2003) Enhancing Phytoextraction: The Effect of Chemical Soil Manipulation on Mobility, Plant Accumulation, and Leaching of Heavy Metals. *J. Env. Qual.* 32: 1939–1954.
- Stewart, R.J., Toma, Y., Fernandez, F.G., Nishiwaki, A., Yamada, T., Bollero, G.A. (2009). The ecology and agronomy of *Miscanthus sinensis*, a species important to bioenergy crop development, in its native range in Japan: a review. *GCB Bioenergy* 1. 126-153.
- Takács, T. (2012) Site-Specific Optimization of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Mediated Phytoremediation. *In: Toxicity of Heavy Metals to Legumes and Bioremediation* (Eds.: Zaidi A. et al.) Springer Verlag –Wien, pp.179-202.
- Trouvelot, A., Kough, J.L., Gianinazzi-Pearson, V. (1986) Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherches et methods d'estimation ayant une signification fonctionnelle. *In: Physiological and genetical aspects of mycorrhizae* (Eds.: Gianinazzi-Pearson, V., Gianinazzi, S.), INRA, Paris, pp. 217–221.

CIRCOVÍRUS VIZSGÁLATOK EVOLÚCIÓSAN ŐSIBB GERINCSEKBE

TARJÁN ZOLTÁN LÁSZLÓ, PÉNZES J. JUDIT, TÓTH P. RÓZA, BENKŐ MÁRIA

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Állatorvos-tudományi Intézet, Molekuláris Virologia Témacsoport
1143 Budapest, Hungária krt. 21.
benko.maria@agrar.mta.hu

Állatkereskedésekből, menhelyektől és természetes élőhelyekről származó, hal, kétéltű és hulló mintákat vizsgáltunk circovírusok kimutatása céljából. A szűréshez a napjainkban általánosan használt, kétkörös (nested) PCR-t használtuk, amely a circovírusok replikációs fehérjéjének génjére irányul. A vizsgált hal minták közül hat, míg a kétéltű eredetű minták közül három adott pozitív eredményt. Valamennyi hulló minta negatívnak bizonyult. A PCR termékek nukleotid-sorrendjét meghatároztuk, majd elemeztük, és filogenetikai számításokat végeztünk. Ennek alapján megállapítottuk, hogy egy dévérkeszegben (*Abramis brama*) a korábban hazai pontyfélékben kimutatott circovírusokéhoz hasonló szekvenciát találtunk. Egy-egy balin (*Aspius aspius*), bodorka (*Rutilus rutilus*) és feketeszájú géb (*Neogobius melanostomus*) mintájából kinyert szekvenciák szintén újak bizonyultak, és legközelebbi hasonlóságot különféle természetes vizek vagy szennyvizek vizsgálata során, külföldön leírt circovírus-szerű szekvenciákkal mutattak. A kétéltűek közül egy barna varangy (*Bufo bufo*) mintájában a szintén hazai felfedezésű harcsa-circovíruséhoz hasonló, új szekvenciát mutattunk ki. Egy elhullott és egy élő ausztrál levelibéka (*Litoria caerulea*) példányban azonos szekvenciát találtunk, ami a filogenetikai fán legközelebb a madarak circovírusainak ágához került. Meglepetésünkre két halban, nevezetesen egy dévérkeszegben és egy folyami gébben (*Neogobius fluviatilis*) 2-es típusú sertés-circovírus szekvenciát mutattunk ki.

Bevezetés

A circovírusok 1,7-2,3 kb méretű, cirkuláris, egyszálú (ss) DNS genommal és kisméretű (12-26,5 nm átmérőjű), ikozaéder alakú kapsziddal rendelkeznek. Genomjuk legalább két, egymással ellentétes irányultságú gént tartalmaz, amelyek a kapszid (Cap) illetve a replikációs (Rep) fehérjét kódolják. A circovírusok a sejtmagban replikálódnak. Hosszú évtizedekig csak a madarak, majd a sertés circovírusai voltak ismertek. Ezekben az állatokban megbetegedéseket is okoztak, amelyeknek kialakulásában a circovírusok jól ismert immunszuppresszív hatása játsza a döntő szerepet (Faurez és mtsai. 2009, Todd 2000). A kimutatási módszerek érzékenységének és hatékonyságának növekedésével, az utóbb néhány évben számtalan gerinces és gerinctelen gazdában mutattak ki újabb és újabb circovírusokat (Rosario és mtsai. 2011). A *Circoviridae* családot pillanatnyilag két nemzetségre (*Circovirus* és *Gyrovirus*) osztják (Biagini és mtsai. 2011), azonban ez utóbbinak mindössze egyetlen tagja, a csirke-anémia vírus genetikailag annyira eltér a circovírusoktól, hogy egyes szerzők az *Anelloviridae* családba történő átsorolására tettek javaslatot.

Laboratóriumunkban az ősbibb gerincesek DNS vírusainak diverzitását és evolúcióját vizsgáljuk. A PCR-es felméréssel adeno- és herpeszvírusok jelenlétére negatívnak talált minták circovírusra történő szűrését azért határoztuk el, mert magyar kutatók a világon elsőként írtak le új circovírusokathalokban (Lőrincz és mtsai. 2011 és 2012).

Anyagok és módszerek

Összesen 236 hal (34 faj), 9 kétéltű (2 faj) és 49 hulló (4 faj) mintáját dolgoztuk fel. A DNS kivonáshoz belső szerveket (kopolytú, máj, vese, lép, bél, ivarmirigyek), egyes esetekben az elpusztult ivadékokat, illetve élő állat esetében bélsarat használtunk. Az 1ml TE pufferbe (10 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA, pH 8.0) tett mintákat TissueLyser LT (Qiagen,

Germany) készülék segítségével homogenizáltuk, majd a homogenizátum felülúszójából *Dán és mtsai (2003)* szerint végeztük a nukleinsav kivonást. Az élő állatból származó bélsár mintából az E.Z.N.A. Stool DNA Kit (Omega Bio-Tek, USA) alkalmazásával nyertünk DNS-t.

A circovírusok kimutatására széles spektrumú, kétkörös, konszenzus PCR-t alkalmaztunk, amelyet a replikációs fehérje génjéből (*rep*) egy megközelítőleg 350 bp méretű szakasz felerősítésére terveztek (*Halami és mtsai. 2008*). A reakciókat 25 µl végtérfogatban végeztük. Az első körben a reakcióelegy 16,125 µl MilliQ steril vizet, 2,5 µl 10 X DreamTaqGreen puffert, 2,5 µl (25 mmol) MgCl₂ oldatot, 0,75 µl (10 mmol) dNTP oldatot (Bioline, UK), 1–1µl (10 µmol) primert, 0,625 U DreamTaq DNS polimerázenzimet (Fermentas, Lithuania) és 1 µl minta DNS-t tartalmazott. A második körben 15,125 µl MilliQ vizet, és targetként az első kör reakció elegyéből 2 µl-t használtunk. A reakciókat TPersonal (Biometra, Germany) készülékben végeztük. A PCR termékeket 1%-os agarózgélén történő elektroforézissel vizsgáltuk. A megfelelő méretű termék tisztítására a MEGAquick-spin Kit-et (iNtRON Biotechnology, Korea) használtuk. A termékek direkt szekvenálását Big Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit-tel (Life Technologies, USA) végeztük a belső primerek alkalmazásával, a DNS mindkét szálán. A szekvenáló reakciókanalízise a szegedi BayGen Kapilláris Szekvenáló Platformján történt ABI Prism 3100 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, USA) készülékkel.

A nukleotid-szekvenciákat egyesítettük, majd a BLASTX és BLASTN programmal az NCBI honlapján (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) elemeztük. A származtatott aminosav-sorrendekből illesztéseket (alignments) a MEGA5 programcsomagban található ClustalW programmal végeztük. A filogenetikai rekonstrukció neighbour-joining módszerrel JTT aminosav (as) szubsztitúciós modell alkalmazásával történt a MEGA5 programmal. A filogenetikai fa topológiájának megbízhatóságát vizsgáló „bootstrap” analízist 1000 ismétléssel végeztük el.

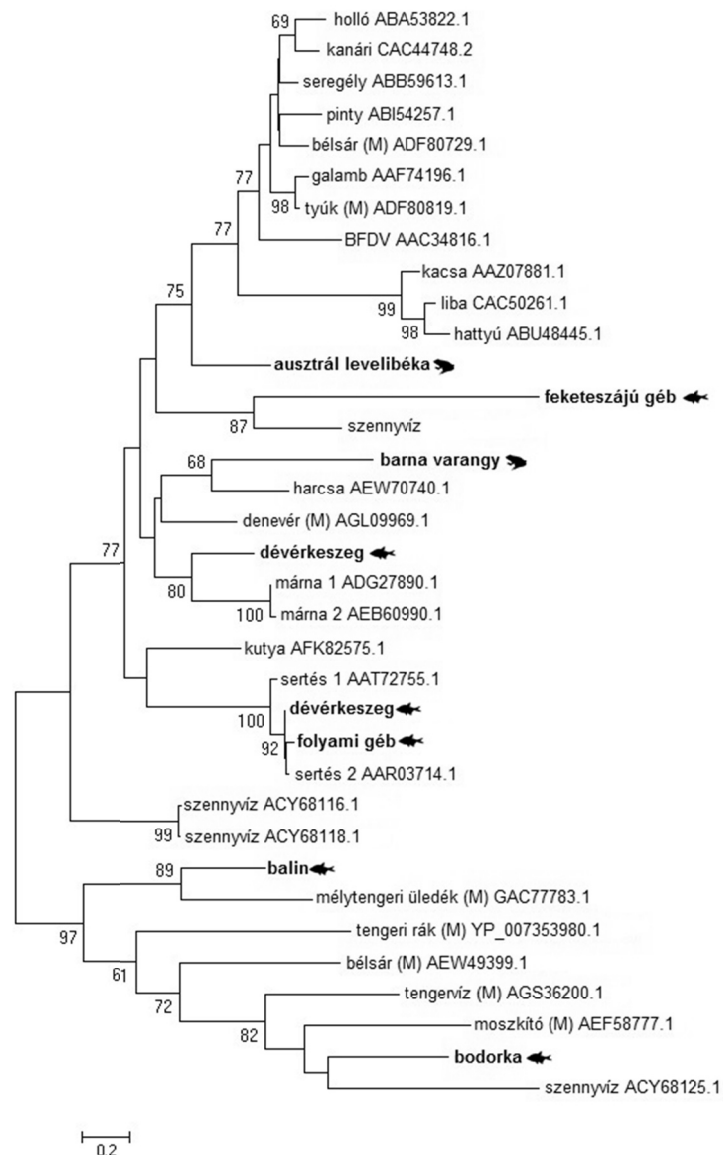
Eredmények és következtetések

A PCR-es szűrés során 6 hal és 3 kétéltű minta bizonyult pozitívnak circovírus DNS-re (nagyjából 3%, illetve 30% prevalencia), ugyanakkor valamennyi hulló minta negatív eredményt adott. Meglepetésünkre a szekvencia analízis eredménye szerint két halból, nevezetesen egy dévérkeszegtől (*Abramis brama*) és egy folyami gébből (*Neogobius fluviatilis*) származó mintából 2-es típusú sertés circovírus (PCV-2) *rep* génjével csaknem azonos szekvenciát nyertünk ki. A BLASTN segítségével megállapítottuk, hogy szekvenciánk a génbankban EU386606.1 azonosítószámon nyilvántartott, svéd PCV-2 *rep* génjének megfelelő szakaszával 100%, illetve 99% nukleotid-sorrend azonosságot mutatnak. Mivel a minták minden esetben emésztőcsatorna részleteket is tartalmaztak, valószínűnek tartjuk, hogy a halakban a PCV-2 nem mint aktív fertőző ágens, hanem a vízzel bekerült „kontaminációként” lehetett jelen. Mindenesetre, ez az első leírása a PCV-2 halakban történő kimutatásának, és először hívjuk fel a figyelmet a fertőzés vízzel vagy hallal való közvetítésének potenciális veszélyére.

A többi pozitív hal minta szekvenciája 1-1, összesen négy, új circovírus jelenlétét valószínűsítette a *Cyprinidae* és a *Gobiidae* családba tartozó fajok egyedeiben. A kétéltűek közül egy elhullott barna varangyban (*Bufo bufo*, *Bufo* család) egy ötödik új circovírus *rep* szekvenciáját, míg az ausztrál levelibéka (*Litoria caerulea*, *Hylidae*) egy elhullott és egy élő példányában egy hatodik újonnan, felismert vírus jelenlétére utaló, azonos szekvenciát detektáltunk.

A filogenetikai rekonstrukció (*l. ábra*) alapján az új szekvenciák különböző csoportokba, egymástól jól elkülönülő kládokba kerültek. A dévérkeszegtől, a feketeszájú

géből, az ausztrál levelibékákból és a barna varangyból kimutatott szekvenciák egyértelműen a *Circovirus* nemzetségbe tartoznak. A dévérkeszgeből kimutatott *rep* szekvencia testvércsoportját a márnából (*Barbus barbus*) nemrégiben leírt circovírusok alkotják (Lőrincz és mtsai. 2011), míg a feketeszájú géből származó szekvencia egy szennyvíz eredetű mintához hasonlít legjobban. A kétélteűek közül a barna varangyban feltételezett vírus legközelebbi rokona a harcsából (*Silurus glanis*) kimutatott circovírus volt (Lőrincz és mtsai. 2012), míg az ausztrál levelibékák vírusa a madár-circovírusok csoportjához került legközelebb. A balinból (*Aspius aspius*) és a bodorkából (*Rutilus rutilus*) felerősített genomrészek legközelebbi rokonságot különféle metagenomikai vizsgálatokból származó szekvenciákkal mutattak, amelyek azonban a *Circovirus* nemzetségen kívül esőnek tűnnek.



1.ábra. A circovírusokreplikációs fehérjéjének kb. 91 aminosav hosszúságú szakaszának pozicionális illesztése (alignment) alapján készített, gyökértelen filogenetikai fa. A 60%-nál alacsonyabb bootstrap értékek nincsenek feltüntetve. A vírusokat a gazdafaj vagy a vizsgálati minta (pl. szennyvíz, bélsár) jelöli a szekvenciák génbanki azonosító számával kiegészítve.

Az általunk újonnan kimutatott, feltételezett circovírusokat a megfelelő gerinces csoport sziluettje jelzi. (M): metagenomikai vizsgálatból származó szekvencia.

A nyolc, újonnan meghatározott szekvencia egyikében sem találtunk stop kodont vagy leolvasási kereteltolódást (frame shift) előidéző mutációt, így feltételezhető, hogy a PCR-rel replikációra képes vírusok genomjából nyertünk kiDNS-szakaszokat. A génbankba benyújtott szekvenciáink a KF358277-KF358282 azonosító számot kapták.

Az évtizedekkel ezelőtt elsőként felismert circovírusok állati megbetegedésekkel kapcsolatos kórokozók voltak (*Pass és Perry 1984, Ellis és mtsai. 1998*). A víruscsalád sokféleségének és elterjedtségének kutatása azonban csak a molekuláris biológia eszköztárának fejlődésével, az utóbbi néhány évben gyorsult fel. Számos circo-, illetve circo-szerű vírus leírása jelent meg a közelmúltban (*Delwart és Li 2012, Blinkova és mtsai. 2009, Rosario és mtsai. 2009*). Kiderült, hogy a kisméretű, cirkuláris ssDNS genommal rendelkező vírusok az eredetileg feltételezethez képest sokkal szélesebb gazdaspektrummal rendelkeznek (*Dayaram és mtsai. 2013, Padilla-Rodriguez és mtsai. 2013*), noha a metagenomikai módszerekkel kapott eredményeket a gazda-vírus viszony szempontjából kellő óvatossággal kell kezelni. Az újonnan leírt vírusok száma gyors ütemben nő, a tényleges gazdafaj sok esetben még nem tisztázott, így a gazdák és vírusok evolúciós kapcsolatainak feltérképezése is várat magára. Szintén a jövőben tisztázandó a circovírusos fertőzések kórtani következményeinek kérdése. Az általunk pozitívnak talált állatok zöme egészségesnek látszott, némelyike elhullott példány volt, de ezekben sem láttunk feltűnő klinikai vagy kórbonctani elváltozásokat.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki az OTKA által biztosított, K100163 számú pályázati támogatásért.

Irodalom

- Biagini, P., Bendinelli, M., Hino, S., Kakkola, L., Mankertz, A., Niel, C., Okamoto, H., Raidal, S., Teo, C. G., Todd, D. (2011) *Circoviridae*. In: King, A. M. Q., Adams, M. J., Carstens, E. B., Lefkowitz, E. (Eds), *Virus Taxonomy: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. Elsevier/Academic Press, London pp. 343–349.
- Blinkova, O., Rosario, K., Li, L., Kapoor, A., Slikas, B., Bernardin, F., Breitbart, M., Delwart, E. (2009) Frequent detection of highly diverse variants of cardiovirus, cosavirus, bocavirus, and circovirus in sewage samples collected in the United States. *J. Clin. Microbiol.* 47: 3507–3513.
- Dán, Á., Molnár, T., Biksi, I., Glávits, R., Shaheim, M. and Harrach, B. (2003) Characterisation of Hungarian porcine circovirus 2 genomes associated with PMWS and PDNS cases. *Acta Vet. Hung.* 51: 551–562.
- Dayaram, A., Potter, K. A., Moline, A. B., Rosenstein, D. D., Marinov, M., Thomas, J. E., Breitbart, M., Rosario, K., Argüello-Astorga, G. R., Varsani, A. (2013) High global diversity of cycloviruses amongst dragonflies. *J. Gen. Virol.* 94: 1827–1840.
- Delwart, E., Li, L. (2012) Rapidly expanding genetic diversity and host range of the *Circoviridae* viral family and other Rep encoding small circular ssDNA genomes. *Virus Res.* 164: 114–121.
- Ellis, J., Hassard, L., Clark, E., Hardling, J., Allan, G., Wilson, P., Strokappe, J., Martin, K., McNeilly, F., Meehan, B., Todd, D., Haines, D. (1998) Isolation of circovirus from lesions of pigs with postweaning multisystemic wasting syndrome. *Can. Vet. J.* 39: 44–51.
- Faurez, F., Daniel, D., Grasland, B., Jestin, A. (2009) Replication of porcine circoviruses. *Virol. J.* 6: 60.
- Halami, M. Y., Nieper, H., Müller, H., Johne, R. (2008) Detection of a novel circovirus in mute swans (*Cygnus olor*) by using nested broadspectrum PCR. *Virus Res.* 132: 208–212.
- Li, L., Shan, T., Soji, O. B., Alam, M. M., Kunz, T. H., Zaidi, Z., Delwart, E. (2011) Possible cross-species transmission of circoviruses and cycloviruses among farm animals. *J. Gen. Virol.* 92: 768–772.

- Lőrincz, M., Cságola, A., Farkas, S. L., Székely, C., Tuboly, T. (2011) First detection and analysis of a fish circovirus. *J. Gen. Virol.* 92: 1817–1821.
- Lőrincz, M., Dán, Á., Láng, M., Csaba, G., Tóth, G. Á., Székely, C., Cságola, A., Tuboly, T. (2012) Novel circovirus in European catfish (*Silurus glanis*). *Arch. Virol.* 157: 1173–1176.
- Padilla-Rodriguez, M., Rosario, K., Breitbart, M. (2013) Novel cyclovirus discovered in the Florida woods cockroach *Eurycotis floridana* (Walker). *Arch. Virol.* 158: 1389–1392.
- Pass, D. A., Perry, R. A. (1984) The pathology of psittacine beak and feather disease. *Aust. Vet. J.* 61: 69–74.
- Rosario, K., Duffy, S., Breitbart, M. (2009) Diverse circovirus-like genome architectures revealed by environmental metagenomics. *J. Gen. Virol.* 90: 2418–2424.
- Rosario, K., Marinov, M., Stainton, D., Kraberger, S., Wiltshire, E. J., Collings, D. A., Walters, M., Martin, D. P., Breitbart, M., Varsani, A. (2011) Dragonfly cyclovirus, a novel single-stranded DNA virus discovered in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *J. Gen. Virol.* 92: 1302–1308.
- Todd, D. (2000): Circoviruses: immuno suppressive threats to avian species: a review. *Avian Pathol.* 29: 373–394.

SZARVASMARHA EREDETŰ ATÍPUSOS *ESCHERICHIA COLI* O157 TÖRZSEK GENETIKAI VIZSGÁLATA

SVÁB DOMONKOS, HORVÁTH BALÁZS, MARÓTI GERGELY, TÓTH ISTVÁN

MTA Agrártudományi Kutatóközpont
Állatorvos-tudományi Intézet, Enterális bakteriológia
1143 Budapest, Hungária krt. 21.
tothi@vmri.hu

Az enterohaemorrhágiás *Escherichia coli* (EHEC) törzsek jelentős élelmiszer-közvetítette kórokozók. A tipikus EHEC O157:H7/NM szerotípusú törzsek Shiga-toxint (Stx) termelnek, és a LEE (Locus of Enterocyte Effacement) patogenitási szigetet hordozzák genomjukban. Klinikai és járványtani jelentőségük folytán számos EHEC O157:H7/NM törzs teljes genom szekvenciáját meghatározták. Jóval kevesebb adat áll azonban rendelkezésre az O157 szerocsoport egyéb H antigénnel rendelkező, valamint *stx*-negatív tagjairól.

Munkánk célja ezért korábban általunk izolált, ritka H antigénnel rendelkező, *stx*-és LEE-negatív, egészséges szarvasmarhákból származó, O157 szerocsoportba tartozó *E. coli* törzsek genetikai vizsgálata volt, különös tekintettel két virulencia faktorra, a citoletális duzzasztó toxin V-ös típusára (CDT-V), és a longpolarfimbria 2-es típusára (Lpf2), mely egy feltételezett adhezin. Munkánk során meghatároztuk egy szarvasmarha eredetű, T22 jelzésű, *E. coli* O157:H43 szerotípusú törzs *lpf2* operonjának és azok határoló régióinak nukleotid szekvenciáját, továbbá monitoroztuk e régiók jelenlétét 20 másik, különböző szero- és patotípusokat képviselő *E. coli* törzs körében. Ugyanebből a törzsből a *cdt-V* operonnak és határoló régiójának szekvenciáját is meghatároztuk, valamint a határoló gének elterjedtségét 19 további *E. coli* törzsből ellenőriztük. Szintén meghatároztuk elsőként ezen O157:H43 szerotípusú törzs draft genom szekvenciáját.

Eredményeink azt mutatják, hogy az *lpf2* operon egy patogenitási szigetet alkot a genomban. Az *lpf2* operon szekvenciája, csakúgy, mint határoló régiói konzervatívnak bizonyultak, a vizsgált Lpf2-pozitív törzsek többségében a határoló gének hiánytalanul jelen voltak, magában az operonban mindössze négy nukleotid pozícióban találtunk polimorfizmust.

A *cdt-V* operon egy 31,2 kb hosszúságú P2-szerű profágban foglal helyet, ennek teljes nukleotid szekvenciáját elsőként határoztuk meg. E profág vizsgált génjeinek többsége specifikus a CDT-V termelő törzsekre, ám ezeken belül különbség volt az atípusos és típusos EHEC törzsek közt.

A T22 törzs draft genomjának szekvencia-meghatározása igazolta, hogy valóban egy atípusos, új genotípusú törzsről van szó, melynek genomjában az ismert főbb *E. coli* patotípusok virulencia faktorainak jellegzetes integrációs helyei („hotspot”-jai) érintetlenek, ez lehetővé teszi további virulencia faktorok felvételét a törzs számára.

Bevezetés

Az enterohaemorrhágiás *Escherichia coli* (EHEC) törzsek jelentős élelmiszer-közvetítette kórokozók. A tipikus EHEC O157:H7/NM szerotípusú törzsek Shiga-toxint (Stx) termelnek, és a LEE (Locus of Enterocyte Effacement) patogenitási szigetet hordozzák genomjukban. Jellemzően véres hasmenést, súlyosabb esetben pedig hemolitikus urémiás szindrómát (HUS) okoznak, mely súlyos vesekárosodáshoz, ritkábban halálhoz vezethet. Klinikai és járványtani jelentőségük folytán számos EHEC O157:H7/NM törzs teljes genom szekvenciáját meghatározták (*Hayashi és mtsai. 2001*). Az O157 szerocsoport egyéb H antigénnel rendelkező, *stx*-negatív tagjainak vizsgálata evolúciós és járványtani jelentőségük folytán újabban kezd előtérbe kerülni

(Bielaszewska és mtsai. 2008, Hazen és mtsai. 2013) Csoportunk korábban egészséges szarvasmarhából izolált több, változatos H antigéneket hordozó, *stx*- és LEE-negatív, ezért atípusosnak tekinthető, O157 szerocsoportba tartozó *E. coli* törzset (Tóth és mtsai. 2009). E törzsek közül több is két jellegzetes virulencia faktorral rendelkezett: a citoletális duzzasztó toxin V-ös változatával (CDT-V), valamint a longpolarfimbria 2-es változatával (Lpf2). A CDT az eukarióták sejtciklusára ható (ciklomodulin), mitózist gátló toxin. Számos Gram-negatív kórokozó baktérium mellett sok különböző patotípusú *E. coli* törzs termeli, utóbbi faj esetében eddig öt típusát (CDT-I-V) azonosították. A long polar fimbriák viszonylag újonnan felfedezett, számos különböző szero- és patotípusba tartozó *E. coli* törzsben jelenlevő, a sejtfelszínen megjelenő pálcikaszerű struktúrák (Torres és mtsai. 2002), melynek két fő genetikai változata (Lpf1 és Lpf2) közül az Lpf1 adhézióban játszott szerepét már igazolták (Lloyd és mtsai. 2012). Az általunk vizsgált atípusos törzsek az *lpf2* operont hordozták, mely potenciálisan az egyetlen adhezinjük. Munkánk célja ezen atípusos *E. coli* O157 törzsek részletes genetikai jellemzése volt, különös tekintettel a *cdt-V* és *lpf2* operonok szekvenciájára és határoló régióik sajátosságaira, továbbá célunk volt egy O157:H43 szerotípusú modell törzs teljes genomjának draft szintű meghatározása.

Anyagok és módszerek

Kozmid klónkönyvtár készítése. A korábban jellemzett (Tóth és mtsai. 2009) szarvasmarha eredetű atípusos *E. coli* O157 törzsek közül a T22 jelzésű, *cdt-V*+ és *lpf2*+ O157:H43 szerotípusú törzsből kozmid klónkönyvtárat készítettünk, melyben PCR-rel azonosítottuk a *cdt-V*+ és *lpf2*+ klónokat. A klónokból DNS-t izoláltunk, és újgenerációs (NGS), valamint Sanger-féle didezoxinukleotid alapú módszerek használatával meghatároztuk ezen operonok, valamint határoló régióik szekvenciáját.

Az *lpf2* és *cdt-V* operonok határoló régióira specifikus PCR-ek. Saját tervezésű primerekkel (Sváb és mtsai. 2013a, Sváb és mtsai. 2013b) végzett PCR reakciók segítségével megvizsgáltuk a határoló régiók jelenlétét a *cdt-V* operon esetében 19 másik, különböző patotípusokat képviselő *E. coli* törzsben, összesen 20 régiót megvizsgálva. A törzsek közül az *lpf2* operon esetében 7 atípusos törzsben, az ECOR (*E. coli* Reference Collection) törzsgyűjtemény 13 *lpf2*+ tagjában, valamint egy K12 törzsben (összesen 21 törzsben) monitoroztuk az *lpf2* határoló régióinak meglétét, összesen 9 szakaszt vizsgálva.

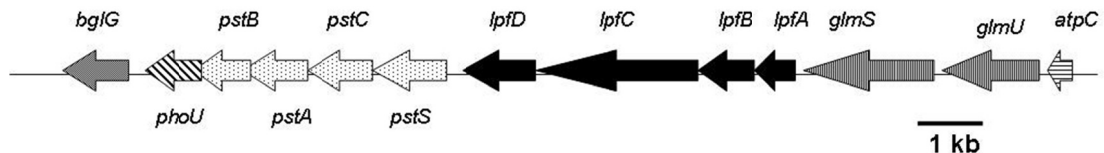
Fágindukciós kísérletek. A CDT-V termelő törzsekkel fágindukciós kísérleteket is végeztünk, mitomicin-C-t, norfloxacin, valamint UV-fényt használva indukáló ágensnek. Propagáló törzsként a C600 és ER2738 jelzésű *E. coli* K12 törzseket, valamint a 866 jelzésű *Shigella sonnei* törzset használtuk. A felszabaduló lítikus fágokban a *cdt-V* esetleges jelenlétét PCR-rel ellenőriztük.

Az *E. coli* O157:H43 T22 jelzésű törzs teljes genomjának szekvencia-meghatározása. Meghatároztuk a T22 törzs teljes genom összetételét is, szintén NGS szekvenálási módszerekkel (IonTorrent, Roche 454 Titanium, SOLiD 4 platformok), a szekvencia összeállítását részben a CLC Genomic Workbench programmal, részben az NCBI honlapján rendelkezésre álló Prokaryotic Pipeline programmal végeztük. A szekvencia-adatok alapján a University College Cork által fenntartott adatbázis segítségével Multi-Locus Sequence Typing (MLST) elemzést is végeztünk.

Eredmények és következtetések

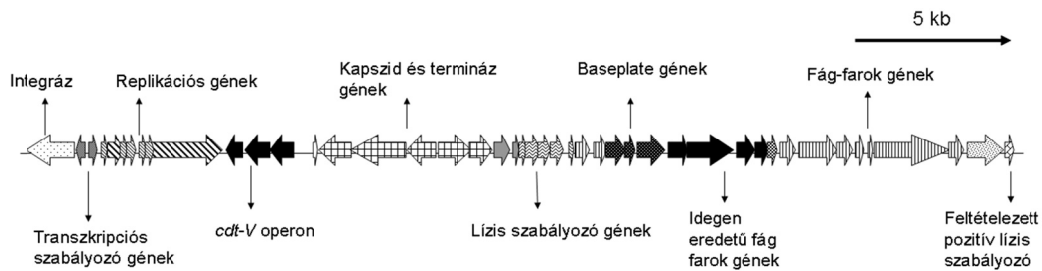
Az *lpf2*_{ABCD} operon és határoló régióinak szekvenciája. A T22 törzs *lpf2* operonjának és határoló régióinak szekvenciáját (összesen 15,4 kb, *I. ábra*) az AHZD01000104 elérési szám alatt helyeztük el. Meghatároztuk a szekvenciáját ezen kívül 6 másik atípusos O157 szerocsoportba tartozó törzs *lpf2* operonjának is (elérési

számok: KC207119, KC207120, KC207121, KC207122, KC207123 és KC207124). Az operonok szekvenciájában mindössze négy nukleotid pozícióban tapasztaltunk polimorfizmust. Az operonok GC aránya 44%, szemben a T22 törzs esetében megszekvenált határoló régió 52%-ával. A PCR reakciókkal vizsgált 21 törzs közül 16 törzs a határoló régió vizsgált szakaszai közül az összeset hordozta, egy törzs volt, ami csak két szakaszra volt pozitív, a többiből legfeljebb két szakasz hiányzott. Ezen adatok arra mutatnak, hogy az *lpf2* az általunk vizsgált atípusos O157 törzsekben, valamint az ECOR gyűjtemény számos tagjában is egy konzervált genomi szigeten foglal helyet, mely valószínűleg horizontális géntranszfer útján terjedt el a törzsek közt (Sváb és mtsai. 2013a).



1. ábra. Az *lpf2* operon és határoló régióinak struktúrája az *E. coli* T22 jelzésű, O157:H43 törzsben

A *cdt-V_{ABC}* operon és határoló régióinak szekvenciája. A T22 törzs *cdt-V* operonját egy 31,2 kb hosszúságú, P2-szerű profág tartalmazza (2. ábra), szekvenciáját a KC618326 elérési szám alatt helyeztük el GenBankban. Erős hasonlóságot (94-100%) mutat a lítikus P2-szerű fágok közül az L-413C-vel, valamint több, a GenBank adatbázisban elérhető, *E. coli* törzsek genomjába integrálódott P2-szerű profággal. A *cdt-V* operon a profág TO régióinak nevezett szakaszán található. Irodalmi adatok (Nilsson és Haggard-Ljungqvist 2007) szerint erre a helyre gyakran integrálódnak idegen eredetű gének, ám a *cdt-V* az első igazolt virulencia faktor az ismert inzerciók közül. A P2-szerű profágnak összesen 20 vizsgált szakaszából a CDT-V termelő atípusos O157 törzsek 19-et hordoztak, a szintén CDT-V termelő EHEC O157:NM törzsek 15-16 közötti számút. Az egyik CDT-IV termelő uropatogén törzs 12 régiót hordozott, egy CDT-negatív atípusos O157:NM törzs pedig 15-öt. A fágindukációs kísérletek során két O157:NM szerotípusú, CDT-V termelő EHEC törzsből lítikus fágokat indukáltunk, PCR-vizsgálattal azonban ezek mind az *stx*, mind a *cdt* génekre negatívnak bizonyultak. Az atípusos törzsekből lítikus fág nem szabadult fel. Ez összhangban van azzal, hogy *E. coli* törzsekben a P2-szerű profágok általában nem indukálhatók (Nilsson és Haggard-Ljungqvist 2007), habár korábban már sikerült *cdt-V*-hordozó lítikus fágokat indukálni különböző szerotípusú EHEC törzsekből (Allué-Guardia és mtsai. 2011). A *cdt-V* hordozó lítikus fágok hiánya, valamint a P2-szerű profág-régiók eloszlásában a törzsek közt fennálló különbségek esetünkben arra mutatnak, hogy e profágok adaptálódtak baktériumgazdáikhoz, és temperálódtak (Sváb és mtsai. 2013b).



2. ábra. A *cdt-V* operont hordozó P2-szerű profág vázlatos felépítése az *E. coli* T22 jelzésű, O157:H43 törzsben

A T22 jelzésű *E. coli* O157:H43 törzs draft genom szekvenciája. A T22 törzs genomját 64 kontigból álló „draft” genomként sikerült összeállítani. A kromoszóma mérete 4.959.535bp, és a törzs hordoz egy 80.112 bp méretű plazmidot is. A virtuális MLST elemzés alapján a T22 törzs az ST155 szekvenciatípusba tartozik, mely számos állati és emberi patogén, valamint kommenzalista *E. coli* törzset is tartalmaz. Mivel az EHEC és számos más fontos patotípus jellegzetes kulcs-virulencia faktorainak integrációs helyei a T22 törzs genomjában érintetlenek, lehetséges, hogy e törzs egy eddig ismeretlen állomást képvisel az O157-es törzsek evolúciójában (Sváb és mtsai. 2013c).

Köszönetnyilvánítás

Munkánk az OTKA K 81252 számú pályázatának, valamint az EU ERC AdG „Symbiotics” című pályázatának támogatásával valósult meg.

Irodalom

- Allué-Guardia, A., García-Aljaro, C., Muniesa, M. (2011) Bacteriophageencoding cytolethal distending toxin type V induced from nonclinical *Escherichia coli* isolates. *Infect. Immun* 79: 3262-3272.
- Bielaszewska, M., Middendorf, B., Köck, R., Friedrich, A.W., Fruth, A., Karch, H., Schmidt A, Mellmann, A. (2008) Shiga toxin–negative attaching and effacing *Escherichia coli*: distinct clinical associations with bacterial phylogeny and virulence traits and inferred in-host pathogen evolution. *Clin. Inf. Dis.* 47: 208–17.
- Hazen, T.H., Sahl, J.W., Fraser, C.M., Donnenberg, M.S., Scheutz, F., Rasko, D.A. (2013) Draft genome sequence of three O157 enteropathogenic *Escherichia coli* isolates. *Genome Announc.* 1: e00516-13.
- Hayashi, T., Makino, K., Ohnishi, M., Kurokawa, K., Ishii, K., Yokoyama, K., Han, C.G., Ohtsubo, E., Nakayama, K., Murata, T., Tanaka, M., Tobe, T., Iida, T., Takami, H., Honda, T., Sasakawa, C., Ogasawara, N., Yasunaga, T., Kuhara, S., Shiba, T., Hattori, M., Shinagawa, H. (2001) Complete genome sequence of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 and genomic comparison with a laboratory strain K-12. *DNA Res.* 8: 11-22.
- Lloyd, S.J., Ritchie, J.M., Rojas-Lopez, M., Blumentritt, C.A., Popov, V.L., Greenwich, J.L., Waldor, M.K., Torres, A.G. (2012) A double, long polar fimbria mutant of *Escherichia coli* O157:H7 expresses Curli and exhibits reduced *in vivo* colonization. *Infect. Immun.* 80: 914-920.
- Nilsson, A.S., Haggård-Ljungquist, E. (2007) Evolution of P2-like phages and the irimpacton bacterial evolution. *Res. Microbiol.* 158: 311-317.

- Sváb, D., Galli, L., Horváth, B., Maróti, G., Dobrindt, U., Torres, A.G., Rivas, M., Tóth, I. (2013a) The long polar fimbriae operon and its flanking regions in bovine *Escherichia coli* O157:H43 and STEC O136:H12 strains. ***Pathog. Dis.*** 68: 1-7.
- Sváb, D., Horváth, B., Maróti, G., Dobrindt, U., Tóth, I. (2013b) Sequence variability of P2-like prophage genomes carrying the cytolethal distending toxin V operon in *Escherichia coli* O157. ***Appl. Environ. Microbiol.*** 79: 4958-4964.
- Sváb, D., Horváth, B., Szűcs, A., Maróti, G., Tóth, I. (2013c) Draft genome sequence of an *Escherichia coli* O157:H43 strain isolated from cattle. ***Genome Announc.*** 1: e00263-13.
- Torres, A.G., Giron, J.A., Perna, N.T., Burland, V., Blattner, F.R., Avelino-Flores, F., Kaper, J.B. (2002) Identification and characterization of *lpfABCC'DE*, a fimbrial operon of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7. ***Infect. Immun.*** 70: 5416-5427.
- Tóth, I., Schmidt, H., Kardos, G., Lancz, Z., Kreuzburg, K., Damjanova, I., Pászti, J., Beutin, L., Nagy, B. (2009) Virulence genes and molecular typing of different groups of *Escherichia coli* O157 strains in cattle. ***Appl. Environ. Microbiol.*** 75: 6282-6291.

TITOKTARTÁSI FELHÍVÁS

Az ATK Tudományos Nap valamennyi előadásán elhangzó, nyomtatott anyagban megjelenő vagy egyéb módon ismertetett, nem publikált kutatási eredmény, találmány, egyéb műszaki információ és adat a konferencia résztvevőire korlátozott számú személynek kerül átadásra. Az itt elhangzottak vagy leírtak törvényes jogosultjaik kizárólagos szellemi tulajdonát képezik, és a konferencia zárónapjától számított 30 napon belül csak a jogosultak engedélyével használhatók fel vagy hozhatók nyilvánosságra. Az engedély nélküli felhasználás vagy nyilvánosságra hozatal a találmányok szabadalmi oltalmáról szóló 1995. évi XXXIII. tv. 3.§. (2) bekezdésének a) pontja értelmében nem jelenthet újdonságrontást későbbi szabadalmi bejelentésekkel szemben.

TÁMOP-4.2.3-12/1/KONV-2012-0001



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.