



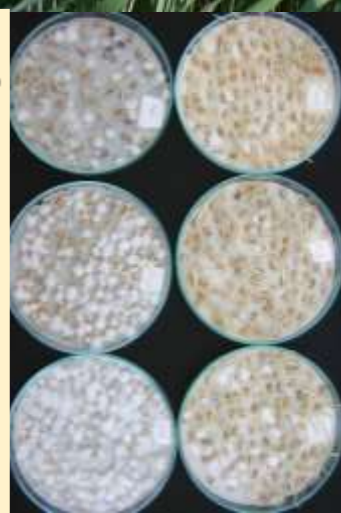
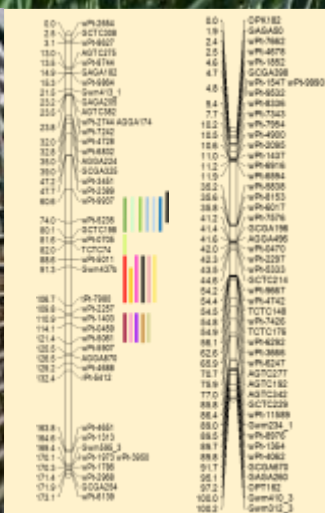
Hagyomány és megújulás

A magyar növénynevelés
helyzete a változó világban

XXX. Növénynevelési
Tudományos Napok

Összefoglalók

Martonvásár, 2024. május 15-16.



Hagyomány és megújulás

*A magyar növénynevelés
helyzete a változó világban*

*XXX. Növénynevelési
Tudományos Napok*

Összefoglalók

2024

A kiadvány a XXX. Növénynevelési Napok alkalmából készült.

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont
Martonvásár, 2024. május 15-16.

A szerkesztőbizottság tagjai:

Bóna Lajos, Molnár István, Pauk János, Polgár Zsolt, Veisz Ottó, Vida Gyula

A kötetben megjelent konferenciacikkek lektoráltak.

Kiadja:

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont

Felelős szerkesztő:

Vida Gyula

Borító fotó:

Vida Gyula

ISBN 978-963-8351-50-0

A konferencia szponzorai:



Food and Mill Instruments Kft.
<https://foodandmill.hu>



GeneTiCA Kft
<https://www.genetica.hu>



HarvestMaster Europe GmbH
<https://harvestmaster.com>



PloTech-Hungary Kft.
<https://plotech.hu>



Servitec Kft.
<https://www.servitec.hu>

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|--|----|
| Előszó..... | 7 |
| PLENÁRIS ELŐADÁSOK | 9 |
| Dudits Dénes: Világunk kihívásai: mit tehet a növénynevelés?..... | 10 |
| Maliga Pál: Seed plastids: a novel platform for expression of recombinant proteins..... | 11 |
| Fodor Nándor: Mesterséges intelligencia és növénynevelés..... | 12 |
| Pauk János, Óvári Judit: Az MNE eseményei: elismerések, aktualitások 2023-ban..... | 14 |
| Balla Zoltán: Földimogyoró neveléstől a fogyasztó asztaláig: GMO mentes, hazai földimogyoró termékpálya kidolgozása és megvalósítása..... | 16 |
| SZEKCIÓ ELŐADÁSOK | 18 |
| I. SZEKCIÓ – BIOTIKUS STRESSZ | |
| Mesterházy Ákos, Meszlényi Tamás, Szabó Balázs, Tóth Beáta: A toxikus gombákkal szembeni fajtaminósítás reformja és a termelés reformjának fontosabb lépései..... | 19 |
| Mészáros Klára, Jeny Jose, Mónika Cséplő, Bányai Judit, Pál Magda, Bakonyi József, Sági László, Éva Csaba: <i>Pyrenophora teres</i> f. <i>teres</i> fertőzés hatására indukálódó növényi hormonok által irányított védekezési útvonalak vizsgálata árpában..... | 20 |
| Farkas András, Ivanizs László, Darkó Éva, Gaál Eszter, Türkösi Edina, Kruppa Klaudia, Szakács Éva, Szőke-Pázi Kitti, Kovács Péter, Stefanie Lück, Dimitar Douchkov, Molnár István: <i>Aegilops biuncialis</i> asszociációs panel lisztharmit-ellenállóságának automatizált mikro- és makro-fenotipizálása és a tulajdonságért felelős régiók azonosítása..... | 21 |
| Gergely László, Kristó Attila: A kukorica-vörösödés (<i>Maize redness</i>) betegség ismétlődő fellépése fajtakitermesztő parcellákon..... | 22 |
| Lantos Csaba, Jancsó Mihály, Székely Árpád, Szalóki Tímea, Pauk János: Az <i>in vitro</i> androgenézis fejlesztése és alkalmazása rizsben (<i>Oryza sativa</i> L.)..... | 24 |
| Fári Miklós Gábor, Zsiláné André Anikó, Kovács Zoltán, Koroknai Judit, Lévai Péter, Veres Szilvia, Antal Gabriella, Domokosné Szabolcsy Éva: A ricinus (<i>Ricinus communis</i> L.) fito- és biotechnikai kutatás tizenöt éve a Debreceni Egyetem MÉK-en (2009-2024)..... | 25 |
| Szücsné Varga Gabriella, Németh Krisztina, Hajdu Edit: Új szőlőfajta egy környezetbarátabb és fenntarthatóbb jövőért..... | 26 |
| II. SZEKCIÓ – STRESSZTOLERANCIA, FUNKCIONÁLIS GENOMIKA | |
| Sidló Sára, Csilléry Gábor, Kovács Zsófia, Veres Anikó, Szőke Antal: A fény és metiláció hatása paprika termés (<i>Capsicum annuum</i> L.) antocianin bioszintézisére..... | 27 |
| Pápai Bánk, Kovács Zsófia, Khin Nyein Chan, Kovácsné-Wéber Mária, Csilléry Gábor, Szamosi Csaba, Tímár Zoltán, Veres Anikó, Szőke Antal: <i>Tti</i> és <i>frx</i> paprika mutánsok származékosságának vizsgálata..... | 31 |
| Horváth D. Ádám, Kiss Tibor, Balla Krisztina, Cseh András, Berki Zita, Horváth Ádám, Kalapos Balázs, Karsai Ildikó: Kenyérbúza fő cirkadián génjeinek molekuláris genetikai vizsgálata..... | 35 |
| Sepsi Adél, Lenyókó-Thegze Andrea, Makai Diána, Szabados Fanni, Mihók Edit, Cseh András: Az <i>Rht-B1b</i> és <i>Rht-D1b</i> törpeség allélokot hordozó kenyérbúzákat az éghajlati változás tükrében..... | 36 |
| Nemeskéri Eszter: Zöldborsó fajták szárazságstressz-reakciói – nevelési lehetőségek..... | 37 |

| | |
|--|----|
| Kulman Kitti, Jobbágy Kristóf, Szalai Gabriella, Benczúr Kinga, Radomíra Vanková, Kocsy Gábor: A redox szabályozás szerepe a búzakallusok anyagcseréjében és hajtás-regenerációjában | 38 |
| Babinyec-Czifra Dorina, Emmanuel Asante Jampoh, Jäger Katalin: Az árpa mikrosporogenezise idején ható hő-és szárazságstressz hatása a terméselemekre és az utódnemzedék csírázására | 39 |
| III. SZEKCIÓ – GÉNMEGŐRZÉS, BIOTECHNOLÓGIA | |
| Áy Zoltán, Simon Attila, Baktay Borbála: génmegőrzés tápiószelén: szakmai lehetőségek és kihívások | 40 |
| Benke Attila, Cseke Klára, Lados Botond Boldizsár, Borovics Attila, Köbölkuti Zoltán Attila: Az erdészeti nyárnevelés története, helyzete és lehetséges irányai Magyarországon | 41 |
| Kovács Péter, Szakács Éva, Kruppa Klaudia, Türkösi Edina, Ivanizs László, Gaál Eszter, Farkas András, Molnár István: <i>Aegilops comosa</i> génkomplexumok kimutatása búzában molekuláris citogenetikai módszerekkel | 42 |
| Horváth Sándor, Kirilla Zoltán, Papp Viktória, Szabó Luca Krisztina, Tóthné Hortó Annamária, Kutasi József, Preininger Éva: Hazai nevelésű fehér akác (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) fajták és klónok vegetatív szaporításának új tapasztalatai mikroszaporítással és gyökérdugványról | 43 |
| Zombori Zoltán, Nagy Bettina, Cseri András, Török Szabolcs, László Nikolett, Jancsó Mihály, Kovács Kornél, Ferencz Györgyi, Gyuricza Csaba, Dudits Dénes: Poliploidia és sótolerancia alkalmazása a magasabb biomassza termelés érdekében energiafűz (<i>Salix</i> spp.) növényekben | 44 |
| Nógrádi Sándor: A közeli infravörös (NIR/NIT) mérés technika alkalmazási lehetőségei a növénynevelésben | 45 |
| Kruppa Klaudia, Szakács Éva, Gaál Eszter, Cséplő Mónika, Ivanizs László, Farkas András, Kovács Péter, Szőke-Pázi Kitti, Lángné Molnár Márta, Molnár István, Türkösi Edina: Búza- <i>Thinopyrum</i> Robertsoni transzlokációt tartalmazó utódvonal azonosítása és részletes jellemzése . | 46 |
| Kruppa József, Osama Zuhair Kanbar, Tóth-Lencsés Kitti Andrea, Kiss Erzsébet, Bóna Lajos, Lantos Csaba, Pauk János: Tritikálé <i>in vitro</i> androgenézis indukálása portoktenyésztésben és az utódnemzedék homogenitásának vizsgálata..... | 47 |
| IV. SZEKCIÓ – ÖKO- ÉS KONVENCIONÁLIS NEVELÉS | |
| Balog Emese, Mikó Péter, Borbélyné Hunyadi Éva, Fehér Judit, Drexler Dóra: ÖMKI-VSZT-NÉBIH öko őszi kalászos posztregisztrációs fajtakísérletek három éves eredményei..... | 48 |
| Mikó Péter, Balog Emese, Fehér Judit, Drexler Dóra: Az öko posztregisztrációs kísérletek jelentősége a tönkölybúza példáján..... | 49 |
| Frank Krisztián, Siftár Erika, Wolf István, Polgár Zsolt: Burgonya fajtakísérletek eredményei ökológiai termesztési körülmények között..... | 50 |
| Patyi András, Christine Arncken, Monika M Messmer, Michael Schneider, Miriam Kamp, Sebastian Kussmann, Mariateresa Lazzaro: A marker asszisztált szelekció integrálása a fehér csillagfűt ökológiai nevelésébe Svájcban..... | 51 |
| Kutasy Erika Tünde, Virág István Csaba, Bekir Bytyqi1, Csajbók József, Forgács Fanni Zsuzsa: Martonvásári őszi és tavaszi zab genotípusok produktivitása eltérő évjáratokban | 52 |
| Cséplő Mónika, Puskás Katalin, Vida Gyula, Bányai Judit, Mészáros Klára, Tóth Viola, Heinrich Grausgruber, Luca Bonfiglioli, Mario Augusto Pagnotta, Mikó Péter: Durumbúza | |

| | |
|--|----|
| genotípusok agronómiai és technológiai minőségének vizsgálata ökológiai és konvencionális körülmények között..... | 57 |
| Kiss Tibor, Horváth D. Ádám, Balla Krisztina, Cseh András, Berki Zita, Horváth Ádám, Karsai Ildikó: A fényspektrum hatása a kenyérbúza fő terméskomponenseire..... | 58 |
| Uhrin Andrea, Cséplő Mónika, Vida Gyula, Pance Miklós Álmos, Molnár István, Mikó Péter: Búza × <i>Dasyphyrum villosum</i> utódok vizsgálata markerekkel és <i>in situ</i> hibridizációval | 59 |
| V. SEKCIÓ – TECHNOLÓGIAI MINŐSÉG ÉS FENOMIKA | |
| Tömösközi Sándor, Németh Renáta, Jaksics Edina, Farkas Alexandra, Juhászné Szentmiklóssy Marietta Klaudia, Schall Eszter, Tóth Viola, Rakszegi Marianna: Különböző módon termesztett tönkölybúzák összetételi és technológiai tulajdonságainak széleskörű jellemzése | 60 |
| Rakszegi Marianna, Tóth Viola, Tremmel-Bede Karolina, Juhászné Szentmiklóssy Marietta, Tömösközi Sándor, Cseh András, Karsai Ildikó, Mikó Péter: Kiváló minőségű, rostban gazdag gabonafélék azonosítása és nemesítése | 61 |
| Csajbók József, Kutasy Erika, Gaganetz Dániel: Őszi árpa genotípusok termésének és minőségének stabilitása mészlepedékes csernozjom talajon..... | 62 |
| Zámboriné Németh Éva: A 'Magyar' majoranna fajta és a minőségét befolyásoló tényezők | 67 |
| Darkó Éva, Garai Tamás, Hollós Roland, Molnár István: Nagy áteresztőképességű fenotipizáló rendszer működése és alkalmazása a búzanemesítésben martonvásáron..... | 68 |
| Nagy Zoltán, Móroczné Salamon Katalin, Balassa György, Kálmán László, Mesterházy Ákos, Szabó Balázs, Szél Sándor: Kukorica szilázs minőségi paramétereinek javítását célzó termékfejlesztési munkák a gabonakutatóban..... | 69 |
| Varga Balázs, György Márton, Farkas Zsuzsanna, Veisz Ottó: A vízborítás és a szárazságstressz hatásai őszi búzafajták gyökérmorfológiájára..... | 70 |
| Nagy Dániel, Lantos Csaba, Cseuz László, Pauk János: Drasztikus vízmegvonás hatása a szegedi búzafajtákra..... | 74 |
| György Márton, Farkas András, Farkas Zsuzsanna, Molnár István, Varga Balázs: Ozmotikus stressz hatása őszi búza csíranövények gyökérfejlődésére..... | 75 |
| Palágyi Andrea, Kovács-Kalmár Helga, Rajki Erzsébet: Cirokfélék génmegőrzése és a génbanki gyűjtemény jellemzése | 79 |
| VI. SEKCIÓ – AGRÁRGENOMIKA ÉS NEMESÍTÉS | |
| André Eggen: On the use of genomics in plant research and breeding | 80 |
| Gaál Eszter, Kateřina Holušová, Jan Bartoš, Kalapos Balázs, Molnár István: <i>Genotype-by-sequencing</i> (GBS) markerek alkalmazásának lehetőségei a búza introgressziós nemesítésében..... | 81 |
| Szőkéné Pázi Kitti, Kruppa Klaudia, Zuzana Tulpová, Türkösi Edina, Gaál Eszter, Farkas András, Kovács Péter, Ivanizs László, M. Timothy Rabanus-Wallace, Molnár István, Szakács Éva: <i>Secale cereanum</i> kromatin DArTseq-alapú azonosítása egy búza × rozs hibrid BC ₂ F ₈ nemzedékében | 82 |
| Cseh András, Makai Szabolcs, Horváth Ádám, Horváth D. Ádám, Erika Chonata Jiménez, Makai Diana, Szabados Fanni, Sepsi Adél, Karsai Ildikó: Búzanemesítés és hálózatelemzés: rekombinánsok SNP marker-alapú jellemzése..... | 83 |
| Bóna Lajos, Purgel Szandra, Mihály-Langó Bernadett, Mihály Róbert: Kettős hasznosítás célú nemesítés tritikáléban..... | 84 |
| Óvári Judit, Papp Mária, Nagy Dániel, Cseuz László: Őszi búza keresztezési tapasztalatai szántóföldi és üvegházi körülmények között | 85 |

| | |
|--|-----|
| POSZTEREK | 86 |
| Áldott-Sipos Ágnes, Spitkó Tamás, Csepregi-Heilmann Eszter, Pintér János, Berzy Tamás, Szőke Csaba, Nagy János, Marton L. Csaba: Kukorica beltenyésztett törzsek termése és agronómiai tulajdonsága ökológiai és tradicionális termesztésben..... | 87 |
| Antal Gabriella, Tóth Csaba, Zsiláné André Anikó, Fári Miklós Gábor: Aki a XX. század elején elsőként nemesített „igazi magyar virágot” – Griger György (1879-1946) emlékezete..... | 88 |
| Bányai Judit, Balassa György, Turbéli Richárd, Bakonyi József, Károlyiné Cséplő Mónika, Mészáros Klára, Vida Gyula, Mikó Péter: Drón alapú nagy áteresztőképességű fenotipizáló rendszer a martonvásári növénynevelésben | 89 |
| Birinyi Zsófia, Nagy-Réder Dalma, Fodor Nándor, Rakszegi Marianna, Mikó Péter, Tóth Viola, Békés Ferenc, Gell Gyöngyvér: Alakor genotípusok kontrollált klímakamrás és szántóföldi kísérletsorozatban végzett vizsgálata a tartalékfehérje-összetétel vonatkozásában | 90 |
| Bódi Zoltán: Génbanki kukorica populációk beltartalmi jellemzőinek összehasonlító vizsgálata . | 91 |
| Bojté Csilla, Hajósné Novák Márta, Varga Krisztina, Csizi István Micsinai Adrienn: Szója (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.) fajták magfehérjéinek vizsgálata MALDI-TOF MS tömegspektrometriai módszerrel | 92 |
| Boronkay Gábor, Hamarné Farkas Dóra, Kisvarga Szilvia, Neményi András Béla, Orlóci László: kolorimetrikusan kiegyensúlyozott színezékek rendszere a szabadföldi rózsa (<i>Rosa × hybrida</i> hort.) fajták <i>in situ</i> mért lombszínének leírására..... | 97 |
| Császár Karola, Mitykó Judit, Ruskó József, Michaletzky Rita: Hajtatásra és szabadföldi termesztésre is alkalmas multirezisztens fehér blocky hibrid nemesítése | 98 |
| Csepregi-Heilmann Eszter, Áldott-Sipos Ágnes, Spitkó Tamás, Szőke Csaba, Pintér János, Berzy Tamás, Széles Adrienn, Marton L. Csaba: Hideghullám tolerancia megfigyelése a kukorica kezdeti fejlődési szakaszában..... | 99 |
| Cseuz László, Óvári Judit, Papp Mária, Tóth Beáta, Beke Béla, Pauk János, Gajdács Kálmáné, Purnhauser László, Bóna Lajos, Pugris Tamás: A 'Gk Torontál' a százéves Gabonakutató legújabb őszibúza fajtája..... | 100 |
| Fábián Attila, Krárné Péntek Barbara, Soós Vilmos, Sági László: A hőstressz hatásának vizsgálata az őszi búza tapétum fejlődésére és génkifejeződésére | 101 |
| Gell Gyöngyvér, Nagy-Réder Dalma, Birinyi Zsófia, Rakszegi Marianna, Puskás Katalin, Békés Ferenc, Balázs Ervin, Sági László: Fuzárium fertőzés hatása a kenyérbúza tartalékfehérje összetételére | 102 |
| Janik Attila, Lénárt Zsolt, Kisvarga Szilvia, Boronkay Gábor, Orlóci László: Perspektivikus rózsaalanyok a klímaváltozás tükrében..... | 103 |
| Jeny Jose, Zoltán Bozsó, Attila Fábián, Csaba Éva, László Sági: The <i>Arabidopsis</i> sulfate transporter <i>atsultr1;2</i> is a negative regulator of resistance to <i>Ralstonia solanacearum</i> | 104 |
| Juhászné Szentmiklóssy Marietta Klaudia, Csonki Annamária, Németh Renáta, Jaksics Edina, Farkas Alexandra, Schall Eszter, Tóth Viola, Rakszegi Marianna, Tömösközi Sándor: Tönköly- és kenyérbúza fajták rost és rövid láncú szénhidrát összetételének összehasonlító vizsgálata..... | 109 |
| Karsai-Rektenwald Flóra, Bánfalvi Zsófia: <i>GIGANTEA</i> mutánsok izolálása és gumófejlődésük vizsgálata a 'Désirée' burgonyafajtában | 110 |
| Koroknai Judit, Fári Miklós Gábor, Tóth Csaba, Csákyiné Faragó Erzsébet, Makleit Péter, Veres Szilvia, Domokosné Szabolcsy Éva: A paprika <i>seed priming</i> kutatás eredményei zárt rendszerű (BLSS) növénynevelésben..... | 111 |

| | |
|--|-----|
| Kovács Dezső, Kisvarga Szilvia, Orlóci László, Horotán Katalin, Sütöriné Diószegi Magdolna, Magyar Lajos, Mosonyi István Dániel, Makádi Marianna, Hrotkó Károly: Biostimulátorok hatása a <i>Forsythia x intermedia</i> 'Beatrix Farrand' fajta fenotipikus tulajdonságainak javítására | 112 |
| Kristó Attila, Lajkó László, Timár Eszter, Kalina Hella, Nagy János: Napraforgó genotípusok összehasonlító homogenitás vizsgálata standard és MALDI-TOF módszerrel..... | 113 |
| Lénárt Zsolt, Horotán Katalin, Orlóci László, Hamarné Farkas Dóra, Boronkay Gábor, Kisvarga Szilvia: A gamma sugárzás hatásai a <i>Rudbeckia hirta</i> L. 'Őszifény' nemesítésében ... | 114 |
| Lepossa Anita, Nagy Szabolcs Tamás: A Georgikon Pázsitfű Maggyűjtemény tételeinek flow citométeres genomméret-vizsgálata | 115 |
| Makai Diána, Cseh András, Polgári Dávid, Sági László, Szabados Fanni, Lenyko-Thegze Andrea, Sepsi Adél: A genomduplikáció hatása a meiotikus rekombinációra és fertilitásra tetraploid árpában..... | 116 |
| Markó Bernadett Kinga, Áldott-Sipos Ágnes, Csepregi-Heilmann Eszter, Spitkó Tamás, Berzy Tamás, Pintér János, Marton L. Csaba, Szőke Csaba: A kukorica csőfuzáriummal szembeni rezisztencia és a permetező drónnal kijuttatott fungicidek hatékonysága..... | 117 |
| Marosi Mihály, Surányi Dezső, Antal Gabriella, Fári Miklós Gábor: 100 éve született Kovács Zoltán: 'Kovács Zoltán-Díj' alapítása és jubileumi emlékülés Csemőn (2024.09.06)..... | 118 |
| Mihály-Langó Bernadett, Ács Katalin, Kocsis Nikoletta, Békés Ferenc: Kovászos technológiai vizsgálatok: eltérő gabonafajok vadkovász alapanyagként való felhasználásának lehetőségei, sütési tesztek és a FODMAP-tartalom változása | 119 |
| Muskovics Gabriella, Majlinda Xhaferaj, Katharina Scherf, Schall Eszter, Kormosné Bugyi Zsuzsanna, Tömösközi Sándor: Rozs és árpa fajták genetikai változékonyságát kiküszöbölő lisztkeverékek előállítása glutén referencaanyag fejlesztése céljából..... | 120 |
| Nagy-Réder Dalma, Birinyi Zsófia, Ács Katalin, Berényi Attila, Fodor Nándor, Békés Ferenc, Gell Gyöngyvér: Hazai nemesítésű búzafajták abiotikus stressz adaptációs vizsgálata a FODMAP-tartalom vonatkozásában..... | 121 |
| Ruskó József, Takács Eszter, Császár Karola: Hajtatásra is alkalmas új multirezisztens paradicsom alakú paprika hibrid | 122 |
| Schmidtné Szantner Barbara, Molnár-Mondovics Ágnes, Gáll Tibor, Tömösköziné Farkas Rita: Beltartalmi vizsgálatok különböző paradicsomfajták esetében | 123 |
| Spitkó Tamás, Csepregi-Heilmann Eszter, Áldott-Sipos Ágnes, Szőke Csaba, Pintér János, Berzy Tamás, Marton L. Csaba: Kukorica terméskomponensek és a SPAD-érték közötti korreláció..... | 124 |
| Wildan Suhartini, Barna Döme, Oláhné Tóth Ibolya, Domokos-Szabolcsy Éva, Bákonyi Nóra, Fári Miklós Gábor: Előrehaladás a barnalé vizsgálatával és bioipari hasznosításával kapcsolatos kutatásokban..... | 125 |
| Szabados Fanni, Kis András, Polgári Dávid, Auwalu Abdu, Makai Diána, Sági László, Havelda Zoltán, Fábíán Attila, Cseh András, Sepsi Adél: A <i>DEMETER</i> gén szerepe az árpa reprodukív szöveteiben a DNS metilációs mintázat kialakításában..... | 126 |
| Tóth Csaba, Veres Szilvia, Kruppa József, Fári Miklós Gábor: Harminc munkahelyes hipogravitációs klinosztát a debreceni Biodrome-ban: új lehetőség a hazai ürnövénykutatásban. | 132 |
| Tóth-Lencsés A. Kitti, Tari Erika Anett, Czinege Dóra, Kiss Erzsébet, Szőke Antal, Pance Miklós Álmos, Polgári Dávid, Galli Zsolt: Narancssárga belső levelű fejeskáposzta előállítása <i>B. rapa</i> eredetű mutáns <i>crtsol1</i> génre alapozva embriómentés módszerével | 133 |

| | |
|---|-----|
| Tóthné Hortó Annamária, Preininger Éva Ágnes, Felföldi Tamás, Kollányi Gábor, Kirilla Zoltán, Szabó Luca Krisztina, Kutasi József: A málna vesszőszúnyog (<i>Thomasiniana theobaldi</i>) és a málna karsú díszbogár (<i>Agrilus aurichalceus</i>) gubacsokból és lárváikból izolált endofita baktériumtörzsek által kibocsátott illékony szerves vegyületek hatása bodza (<i>Sambucus nigra</i>) hajtástenyészetekre <i>in vitro</i> | 137 |
| Türkös Edina, Kruppa Klaudia, Szakács Éva, Farkas András, Gaál Eszter, Ivanizs László, Szőke-Pázi Kitti, Kovács Péter, Ilaria Marcotuli, Agata Gadaleta, Molnár István: A búza harmadlagos génforrásához tartozó <i>Aegilops caudata</i> bevezetése a martonvásári előnemesítésbe | 138 |
| Varga Jenő, Gombkötő Csilla, Kollányi Ágnes, Kollányi Gábor: A bodzatermesztés jövedelmezőségének javítása korai érésű, magas színanyag-tartalmú új fajtával | 139 |
| Zahra Tahmasebi, Pálmai Tamás, Farkas Zsuzsanna, Ahres Mohamed, Galiba Gábor, Borbély Péter: A kék- és a távoli vörös fény kölcsönhatása az őszi árpa fény-indukált fagyűrésének kialakítása során..... | 140 |
| Mendelné Pászti Edina, Mendel Ákos: Kajszi alanyok és nemesek növekedése | 141 |

ELŐSZÓ

A Növénynevelési Tudományos Napok a hazai növénynevelítők és a társterületen dolgozó kutatók kiemelkedő rendezvénye és ebben az évben már 30. alkalommal rendeztük meg e jeles eseményt. Első konferenciánkat 1994. januárjában, Heszky László akadémikus kezdeményezésére tartották a Magyar Tudományos Akadémia falai között. Az NNTN első 20 évében akadémikus úr által közölt adatok alapján évente 127 tudományos előadás és poszter számolt be a tudományterület eredményeiről. Ezek 39%-a alap a többi 61% az alkalmazott kutatások területét képviselte. Most, a 30. rendezvényünkön összesen 50 teljes és villám-előadás, valamint 38 poszter bemutatására került sor, melyek 59%-a már az alap kutatások területéhez sorolható.

A növénynevelítésben az utóbbi időszakban jelentős változások zajlanak. Terjednek a nagy-átereztőképességű fenotipizálási módszerek, melyek stabil platformok kiépítésétől kezdve a könnyen mozgatható mobil szerkezeteken és a drónokon át egészen az okostelefonok e célra történő hasznosításáig terjed. A genotipizálás területén az utóbbi években a technológia fejlődése lehetővé tette DNS-szintű vizsgálatok elvégzését, melyek alapján egyre több információ áll rendelkezésre a gazdasági növényfajok genomjairól és a hasznos agronómiai és technológiai minőségi tulajdonságokat kódoló génekről. A kétszülős populációk vizsgálatán alapuló molekuláris térképek mellett több populáció vizsgálatának összegzése alapján létrehozott konszenzus térképek, vagy a széles genetikai bázison alapuló asszociációs térképek is elérhetők. Az egy pontos nukleotid polimorfizmuson (SNP) alapuló genotipizálással nagy számban azonosíthatók gazdaságilag jelentős gének allél-változatai, majd az eltérő szekvenciák alapján tervezett próbák markerszelekcióra hasznosíthatók. Az utóbbi időben végbement technológiai fejlesztések a növénynevelítés területén új lehetőséget teremtenek a genetikai variabilitás megismerésére, gazdaságilag hasznos allélek azonosítására és ezek hasznosítására, a genom-alapú szelekció bevezetésével. Ez utóbbi terület valódi paradigmaváltást jelent a növénynevelítésben, hiszen a klasszikus folyamat során a fenotípusból következtünk a vizsgált növény genotípusára. A genom-alapú szelekció megjelenésével már a genotípus ismerete lesz az elsődleges, ami a szelekció hatékonyságát ugrásszerűen növelheti.

Nem hagyható figyelmen kívül a genetikai módosításokon alapuló módszerek jövőbeni terjedése sem. A transzgenikus növények, vagy a génszerkesztés használatának hazai bevezetése jelenleg még kérdéses, azonban a világ több országában a génmódosított növények már elterjedtek a köztermesztésben és a precíziós nevelítéssel kapcsolatos kutatások is előrehaladott fázisnál tartanak.

A növénynevelítés módszertana egy évszázadon keresztül szinte alig változott. Napjainkban sorra jelennek meg olyan információk, melyek új alapokra helyezhetik ezt a tevékenységet. Nagy öröm és egyben inspiráló részt venni e folyamatban, időnként azonban a jelenlegi folyamatokat látva arról is el kell gondolkodnunk, hogy vajon mit hoz a jövő? A növénynevelítésre eddig olyan tevékenységként gondoltunk, ami határterületet jelent a tudomány és a művészet között. A tudomány eszközeivel, de magas szintű intuícióval és kreativitással dolgozva lehetséges sikeres fajtákat előállítani. Napjainkban gyakran szóba kerül a mesterséges intelligencia használata a tudományterületünkön. Főként a részletes, molekuláris szintű ismereteknek köszönhetően az MI sokat segíthet a legjobb génkombinációk azonosításában. Ugyanakkor, ha az eredményeket nem kellő körültekintéssel kezeljük és kizárólag néhány előnyös génkombináció jelenlétére szelektálunk, a genetikai háttér gyorsan leszűkülhet, ami sérülékennyé teheti a jövő növénytermesztését. A mesterséges intelligencia

segíthet, de a növénynevelítők fantáziájára még sokáig szükség lesz a jövő sikeres fajtáinak előállításához.

Nem mehetünk el szó nélkül amellett sem, hogy a hazai növénynevelítés intézményi háttere is jelentősen átalakult. Korábban az Agrárminisztérium elődjeihez tartozó intézethálózat egyetemi irányítás alá került, hazánkban megjelentek magánnevelítő cégek, melyek részben hazai vállalkozások, de Magyarországon nemzetközi cégek is létrehoztak nevelítő állomásokat. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpontja is jelenlegi nevén a HUN-REN kutatási hálózat keretében folytatja munkáját. A folyamatos átalakítás nem könnyíti meg az elmélyült és hosszútávra szóló kutatások végzését. A sikeres jövő érdekében éppen mi tehetjük a legtöbbet. Remélem, hogy a konferencián elhangzott előadások és a kifüggesztett poszterek nyomán új kapcsolatok alakultak ki olyan kutatócsoportok, növénynevelítési programok között, melyek egymástól távolabbi területeken tevékenykednek.

Emlékeztetni kell a döntéshozókat arra, hogy a növénynevelítés stratégiaiul fontos tevékenység, ami egy ország szuverenitásának nélkülözhetetlen összetevője. A néhány évvel ezelőtti COVID-járvány bebizonyította, hogy az országhatárok nagyon rövid időn belül átjárhatatlanná válhatnak, ami a kereskedelmet is gátolja. Magyarországnak is meg kell tartania azt a képességét, hogy biztosítani tudja a genetikai alapokat a hazai növénytermesztők számára, amivel a lakosság élelmiszer-ellátása megoldható.

A 30 évvel ezelőtt megjelent első absztrakt kötet szerzői közül sokan már nincsenek közöttünk, de több olyan előadónk is volt a mostani rendezvényen, akik már 1994-ben is szerepeltek. Az ő példájuk mutatja, hogy a növénynevelítés hosszú éveken át művelhető és szerethető tevékenység. Remélem, hogy a konferenciánkon részt vett fiatalok közül is sokakkal találkozunk majd 30 év múlva a LX. Növénynevelítési Tudományos Napokon!

Kiadványunk a XXX. Növénynevelítési Tudományos Napokon elhangzott előadások összefoglalóit, vagy konferenciacikkeit tartalmazza. Ezek egy pillanatképet közvetítenek a jelenleg Magyarországon folyó kutatásokról, átekintést adnak a növénynevelítőket és a kapcsolódó területen dolgozókat foglalkoztató tudományos kérdésekről, a használt módszerekről. Ez a kiadvány egyben „térképként” is szolgálhat, ami bemutatja, hogy a hazai kutatóhelyeken ki és milyen tématerülettel foglalkozik. Reményeink szerint ez is hozzájárulhat további kapcsolatok kialakulásához a növénynevelítési kutatások területén, és ahhoz is, hogy a társadalom tagjai számára bemutathassuk munkánk sikereit, hasznosságát. Kívánom Olvasóinknak, hogy hasznos ismeretekkel bővüljön tudásuk kötetünk olvasása során!

Martonvásár, 2024. május 16.

Vida Gyula

PLENÁRIS ELŐADÁSOK

VILÁGUNK KIHÍVÁSAI: MIT TEHET A NÖVÉNYNEVELÉS?

Dudits Dénes

HUN-REN Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Szeged

Napjainkban az emberiség előtt álló kihívások, mint az élelmiszer biztonság, egészséges élelmiszerek, a géntechnológia integrálása a nevelésbe, a klíma védelme, valamint a zöldenergia hasznosítás sokban a mezőgazdaságot és a környezetvédelmet érintik. Mindkét tevékenység központi szereplői a növények, amelyek genetikai jobbítása neveléssel történik. Így valamennyi gazdasági növényünk genetikai módosítása évszázadok óta sikeresen folyik. A jelenlegi növénynevelési gyakorlat elsődlegesen a fajon belüli, illetve fajok közötti keresztezéssel történik. Az így kialakított genetikai variabilitás adja alapját a szelekciós nevelésnek. Ennek a folyamatnak a hatékonyságát növeli a DNS-alapú szelekciós markerek használata. Ma már szinte valamennyi termesztett növényünk genomjának nukleotid szekvenciája ismert, amit széles utat nyitott a rekombináns DNS módszerek nevelési alkalmazásához. Igen nagy kapacitásokkal folyik az agronómiai gének izolálása és transzgenikus tenyésztés előállítás. A GM növények termesztésével új innovációs spirál kapott szerepet a fajtaelőállításban. Az elmúlt évtizedekben a 2,4 milliárd hektáron termesztett új génevelített fajták igazolhatóan hasznat hoztak a világ számos részén a gazdáknak, a vásárlóknak, de környezetvédelmi szerepük sem elhanyagolható. Ezt idehaza sem hagyhatjuk figyelmen kívül. A genomszerkesztési módszerek tovább növelik a nevelés precizitását és hatékonyságát. Érdekes a magyar növénynevelői közösség figyelmébe ajánlani azokat a génszerkesztési módszereket, amelyek idegen gén beépítése nélkül vezetnek célzott mutációs eseményekhez.

Irodalom:

Dudits Dénes: Világunk kihívásai: mit tehet a biotudomány és az agrár-biotechnológia.

Inform Kiadó, 2024.

A bemutatásra kerülő kísérleti eredmények részben az „Agrár-biotechnológia és precíziós nevelés az élelmiszerbiztonságért” című és RRF-2.3.1-21-2022-00007 azonosító számú Nemzeti Laboratórium projekt keretében születtek.

SEED PLASTIDS: A NOVEL PLATFORM FOR EXPRESSION OF RECOMBINANT PROTEINS

Malihe Mirzaee¹, Alyssa Leung¹, Alifiya Quresh¹, Ana Candia²,
Kerry Lutz² and Pal Maliga¹

¹*Waksman Institute of Microbiology, Rutgers University, Piscataway, NJ 08854-8020;*

²*Department of Biology, Farmingdale State College, Farmingdale, NY 11735-1021*

Here we report on production of three proteins in tobacco seed: GFP, the green fluorescence protein; mScarlet, a variant of red fluorescent protein (RFP) and GUS, or β -glucuronidase. First, we introduced the reporter genes in the plastid genome with the strong rRNA operon promoter and an engineered binding site of the *PPR10* RNA binding protein in the 5'-UTR. Seed-specific expression in plastids was ensured by transcription of the plastid targeted *PPR10^{GG}* RNA binding protein gene from the *napin A* promoter in the nucleus. For seed expression the nucleus of transplastomic GFP lines was transformed with the *napA:PPR10^{GG}* gene, and independent transgenic lines were screened for seed specific accumulation of reporter genes. GFP accumulation was detected only in two (#4, #5) out of 17 independently transformed lines. The active *napA:PPR10^{GG}* #4 allele was then introduced into the transplastomic RFP and GUS backgrounds. GFP, RFP and GUS accumulated at 780, 770, and 26 $\mu\text{g}/\text{kg}$ in the seed. Accumulation of recombinant proteins was correlated with *PPR10^{GG}* accumulation. However, *PPR10^{GG}* RNA binding protein was undetectable in the leaves of the plants, confirming seed-specific expression of *PPR10^{GG}* from the *napin A* promoter. The recombinant proteins in the leaves of the plants accumulated at background levels, as in the leaves of plants lacking the translational activator *PPR10^{GG}*. Combination of the seed specific nuclear *PPR10^{GG}* gene with a cognate RNA binding site in the 5'UTR of plastid mRNAs enabled accumulation of recombinant proteins in seed plastids. Absence of glycosylation in plastids and the stability of proteins in seed make attractive combining production of vaccine antigens in seed plastids with the seed storage protein in protein bodies in animal feed.

MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ÉS NÖVÉNYNEVELÉS

Fodor Nándor, Hollós Roland

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A mesterséges intelligencia (AI) története azokkal az ókori mítoszokkal, történetekkel kezdődött, melyekben a mesterségesen létrehozott lényeket az alkotójuk intelligenciával vagy tudattal ruházta fel. A modern AI alapjait filozófusok fektették le, akik az emberi gondolkodás folyamatát szimbólumok mechanikus kezelésekként, feldolgozásaként próbálták leírni. Ez a munka az 1940-es években a programozható digitális számítógép feltalálásában csúcspontot ért el. Az Alan Turing (1936) által elméletben felvázolt gép képes bármit kiszámítani, ami kiszámítható valamilyen adathordozón tárolt program által vezérelve. A mesterséges intelligencia a számítástechnika azon területét képviseli, amely az emberi intelligencia egyes aspektusait igyekszik szimulálni számítógépek segítségével. Az AI egy dinamikus fejlődő kutatási terület, amely olyan módszereket és szoftvereket fejleszt, illetve tanulmányoz, amelyek lehetővé teszik a gépek számára, hogy érzékeljék környezetüket, értelmezzék a környezetükben történő jelenségeket és tanulási folyamatok segítségével összefüggéseket fedezzenek fel, emberi döntéseket támogassanak, vagy akár saját döntéseket hozzanak, illetve cselekvéseket hajtsanak végre, amelyekkel maximalizálják az esélyüket (általában ember által) meghatározott célok elérésében.

A mesterséges intelligencia több alapvető technológiára épül. A statisztika, valószínűségszámítás, optimalizálás, kibernetika eszköztárát felhasználó gépi tanulás (ML) és azon belül a mélytanulás (DL) olyan algoritmusokat foglal magában, amelyek adatokból tanulnak és előrejelzéseket készítenek. Ez képezi számos AI alkalmazás alapját, az egyszerű regressziós modellektől az összetett neurális hálózatokig. Lényegét tekintve az előzőektől nem különböző, de fontossága miatt kiemelendő a természetes nyelvfeldolgozás (NLP), amely lehetővé teszi a számítógépek számára, hogy megértsék az emberi nyelvet, amely kulcsfontosságú felhasználókkal természetes nyelven interakcióba lépő informatikai eszközök számára. A robotika összekapcsolja a mesterséges intelligenciát a mechanikus eszközökkel, lehetővé téve az összetett, precíziós feladatok automatizálását a nehézipari üzemektől a kórházi műtőkig. Az AI megvalósítása két kulcsfontosságú lépést foglal magában: (1) Belső reprezentációk létrehozása: Az AI rendszereknek először értelmezniük kell a kapott adatokat, a nyers adatokat olyan strukturált formátumba kell fordítaniuk, amelyet a rendszer értelmezni és elemezni tud. (2) A reprezentációk összekapcsolása a valósággal: Az a folyamat, amely során az AI kapcsolatot keres a valóságot reprezentáló adatokban található mintázatok között, és a felismert összefüggéseket valós feladatok megoldására alkalmazza. Ez magában foglalhatja egy megfigyelőrendszer számára tárgyak/alakzatok/mintázatok felismerését egy felvételen, szállítási szolgáltatások útvonalainak optimalizálását, személyre szabott ajánlások megfogalmazását vásárlási/fogyasztási előzmények alapján, vagy éppen csalásra utaló anomáliák felfedezését banki tranzakciók során.

A mesterséges intelligencia hatékonyabbá teszi a tudományos alkotótevékenységet: lehetővé teszi óriási adathalmazok kezelését és kielemezését, gyors és összetett szimulációk végrehajtását. Ez a képesség létfontosságú azokon a területeken, ahol a valós idejű adatelemzés jelentősen befolyásolhatja az eredményeket, például az éghajlat-modellezésben vagy a precíziós mezőgazdaságban.

A mesterséges intelligencia hihetetlen dinamikával alakítja át az agráriumot, forradalmi változásokat hozva a növénynevelésben, a növénytermesztésben és az élelmiszeriparban. Az AI által vezérelt rendszerek műholdképek, drón-felvételek, időjárás-előrejelzések és talajszenzorok adatait elemzik, hogy a vetéssel, műtrágyázással, növényvédelemmel, öntözéssel és betakarítással kapcsolatos döntéseket hozzanak vagy döntéseinket támogassák.

Ez az adatvezérelt megközelítés biztosítja az erőforrások optimális felhasználását, csökkentve a költségeket és a környezetterhelést, miközben maximalizálja a termés hozamot.

A mesterséges intelligencia növénynevelés minden részfolyamatában alkalmazható, mivel az AI technológiák különösen alkalmasak a genetikai, környezeti és fenotípusos adatokat tartalmazó összetett adathalmazok elemzésére. A gépi tanulási algoritmusok (pl. Gráf-Neurális Hálózatok, GNN) hatalmas mennyiségű genomikai információt tudnak átvizsgálni, hogy mintázatokat azonosítsanak, és nagy pontossággal jelezzék előre a növényi tulajdonságokat. Ez a képesség lehetővé teszi az adott éghajlatra, talajtípusokra és mezőgazdasági gyakorlatokra optimalizált növényfajták, jelenleginél lényegesen gyorsabb kinemesítését. Mesterséges intelligencia teszi lehetővé a nagy áteresztőképességű fenotipizálás alkalmazását, amely lényegében különböző, eltérő léptékben (műholdaktól a drónokon át a mikroszkopikus adatokig) alkalmazott képelemzési algoritmus felhasználását jelenti. Bizonyos AI módszerek (pl. Konvolúciós Neurális Hálózatok, CNN) a fenotipizálás hatékonyságát növelik: növényekről készült felvételek szegmentálását, az elkülönített növényi részek számszerű jellemzését és az anomáliák felismerését teszik lehetővé, míg mások (pl. Általánosított Lineáris Modellek, GLM) a genetikai profil kifejeződésének értékelését és a fenotípusos tulajdonságok pontosabb előrejelzését, valamint a potenciális szülők, illetve szülőpárok kiválasztását, kiszűrését támogatják.

AZ MNE ESEMÉNYEI: ELISMERÉSEK, AKTUALITÁSOK 2023-BAN

Pauk János, Óvári Judit

Magyar Növénynevelők Egyesülete, Szeged

A 2023. esztendő az MNE életében nagyon mozgalmas év volt. Kilenc rendezvényünk volt, melyek szervezésében Egyesületünk fő- vagy társszervezőként vett részt. Közgyűlésünket Budapesten (04.05), a Dr. Orlóci László vezette Egyetemi Fűvészkertben rendeztük meg, az Illés utcában. Ezt követte legfontosabb rendezvényünk a XIX. Növénynevelési Tudományos Napok kétnapos konferenciája (04.26-27), amit Martonvásáron rendeztünk az MTA Növénynevelési Tudományos Bizottságával. Június végén Fertődön (06.28) a város és az intézet, valamint az összegyűlt MNE tagok részvételével ünnepeltük Zatykó József 90. éves születésnapját. Jóska kollégánk kiváló szellemi és fizikai jelenlétben volt közöttünk családjával együtt. Augusztus 24-én, Kecskeméten a XX. Alföldi Kenyér, Szőlő és Bor Konferenciára került sor, ahol konferencia előadásokra, bemutatóra és végül kenyér, csemegeszőlő és bor bemutatóra is sor került, ízlelési, kóstolási próbákkal. Ezt követte augusztus 25-én a *Kovács Zoltán* dísnövény nevelítő kollégánk emlékére Csemőn rendezett konferencia és emlékülés a község dísztermében és a Marosi Faiskola bemutató területén. A kertben megcsodálhattuk Kovács Zoltán egyházi dísnövényeinek bemutató parcelláit, nagy lehetőséget kínálva a különböző fajok szín kavalkádját csodálni és fényképezni. Hajóson a X. Magyar Paprika rendezvényen (09.08.) vettünk részt, amit október 3-án MNE Vándorgyűlés követett Kecskeméten a 80 éves ZKI-ban. A születésnap ünnepelés mellett nagyszerű alkalom volt, hogy megtekinthettük a zrt. központi fejlesztéseit és együtt örülhettünk nevelési eredményeiknek, különösen a nagysikerű uborka, zöldborsó és paprika fajtáknak. November 24-én Debrecenben az MTA ottani székházban tartottuk a 2. Növénynevelési Emléknapi és Konferenciát (NEK₂₀₂₃). Az egész napos konferencián neveléstörténeti előadásokon ismerhettük meg magyar nevelésünk fontos, eddig nem ismert – mára elfeledett - eredményeit. A konferencián került kiadásra és közreadásra a Fári Miklós professzor által írt és Veres Szilvia professzor asszony által szerkesztett, „Verseny az idővel” c. 29 oldalas kiadvány, ami a vázlatosan a „nehéz idők” tudománytörténeti dolgait foglalta össze. Különös figyelmet szentelt a kiadvány Oláh László professzor emlékének és munkásságának és a 80 éve megalakult Növényörökléstani és Neveléstani Kutató Intézetnek, amit mára Oláh professzorral együtt majdhogynem elfeledtünk. Mindenkinek ajánlható ennek a kis könyvecskének a beszerzése és elolvasása. Az MNE rendezvények sorát a vezetőség ülése zárta karácsony előtt a MATE Budai Campusán. A 2023. évi rendezvények a magyar növénynevelők számára nagyon fontosak, hiszen ezeken az alkalmakon bemutatjuk és megvitatjuk nevelési eredményeinket. Az NNTN-ről mindig a tárgy év, kiadványa, összefoglaló füzetet tájékoztat, a különböző saját rendezvényekről (lásd fent) az MNE honlapján (www.plantbreeders.hu) olvasható rövid összefoglalókból és a kiadványokból (pl. NEK₂₀₂₃: Verseny az idővel stb.) lehet tájékozódni. Rendezvényeinken túl, nagyon fontosnak tartjuk, hogy megemlítsük tagjaink sikereit, különböző kitüntetéseit, amiben az elmúlt évben részesültek. Ezek a jó hírek olvashatók alább.

Az Alkotmány Ünnepi kitüntetések sorában Fleischmann Rudolf-díjat kapott három tagunk, melyet Dr. Nagy István agrárminiszter adott át. *Dr. Gyúros Jánosné*nak. Ő jelenleg az Orosco Kft. munkatársa. Nevelítő munkájának kezdete óta paprikaneveléssel foglalkozik. Munkásságához kötődik a hibridpaprika-nevelés módszerének kidolgozása és a vetőmag előállítás üzemi szintű kidolgozása, fehér-, töltenivaló-, hegyes- és hegyes erős- valamint kápia paprikában. Legismertebb fajtájuk a HRF, amiből volt olyan év, hogy 5 q vetőmagot állítottak elő. *Zámboriné Dr. Németh Éva* a következő kitüntetettünk. MATE Budai Campusán a gyógynövény kutatás tanszékvezető egyetemi tanára. Az oktatással párhuzamosan gyógynövény nevelítő. Húsz fajta kötődik nevéhez, közöttük 9 mák és 7 illóolajos növényfajta. Hiányterületeken nevelít. Nemzetközi kapcsolatai közül német egyetemi kapcsolata a legfontosabb. *Maczák Mihály* vetőmag-gazdálkodási szakmérnök, mint növénytermesztő kapta meg a díjat. Negyven éven át a Dél-Alföld legismertebb és legelfogadottabb vetőmag-minősítő felügyelője volt. Alig van olyan vetőmagot minősítő szakember, akit nem Mihály tanított be, ezzel hozzájárulva a magyar biológiai alapok kiváló minőségéhez és hírnevéhez. A Magyar Érdemrend Lovagkeresztjét kapta meg *Dr. Fári Miklós* egyetemi tanár, a Debreceni Egyetem, MÉK, Növénytudományi Intézet Alkalmazott Növénybiológiai Tanszékének professzora. Miklós végzettsége szerint kertészmérnök, biológus, az MTA doktora. Nemzetközi kapcsolatai sok tőlünk távoli országra is kiterjednek. Kutatói pályáján a kertészeti növények *in vitro* morfogenezisével, neveléssel, a szövettenyésztési munka automatizálási megoldásaival foglalkozott és legújabbban az új biológiai világának kísérletes megvalósítására összpontosít. Az augusztus 20-i ünnepség kapcsán Életfa

Emlékplakett Ezüst fokozatot kapott *Dr. Oláh István* szakíró. István munkáját évtizedek óta ismerjük és szeretjük (MAG, Kutatás, Fejlesztés és Környezet) írott és kimondott formában. Az évek nem megtörték, hanem megedzették a magyar fajták, a magyar innováció és szellemi alkotások mellett. A bronz fokozatot két kollégánk kapta meg. *Dr. Móroczné Salamon Katalin* a kitüntetéshez szükséges hosszú évtizedeket a GK kukoricanevelés szolgálatában töltötte. Munkája különösen a kiváló beltartalmi értékű silókukorica hibridek előállításában és a széleskörű minőséganalízis területén kamatozott a szegedi nevelési programban. *Dr. Bóna Lajos* a Gabonakutató korábbi igazgatója, kiváló búza (GK Arató stb.) és tritikálé (GK Szemes, GK Maros, GK Temes stb.) nevelítő. A tritikálé legújabb kori reneszánszának hazai megteremtője. Az MNE korábbi elnöke, jelenleg elnök-helyettese. Mindhárom tagtársunknak, azt kívánjuk, hogy az arany fokozatot is ériék el.

Dr. Láng László évtizedekig a martonvásári búzanevelés meghatározó kutatója volt. A Vetőmag Szövetség díját kapta meg. Dr. Láng László az MTA doktora és hosszú ideig a VSZT alelnöke, de számunkra ő az egyik legsikeresebb magyar búzanevelítő. 106 elismert őszi búzafajta, 15 őszi durum, 4 tavaszi- és 5 őszi zabfajta, 6 tritikálé-, 5 tönköly-, 6 őszi- és 1 tavaszi árpafajta nevelítője. Ez a teljesítmény sokak számára csak álomszerű nevelési teljesítmény marad.

Két szakmai alkotással *Dr. Ács Péterné* és *Prof. Dr. Matuz János* egymástól független dolgozattal Kazinczy László jutalomban részesült (Dr. Bendzsel Miklós alapította). A két írásműben – ami az Agrofórumban is megjelent – a hagyomány, a történelmi múlt, a mivesség és a szakmaiság magas színvonala látszik.

Az MNE Kerámia Plakettjét (Tóth Magdolna iparművész alkotása) *Dr. Moór Józsefné* paprika nevelítő kapta. Nevelítő karrierje során Angeli, Zatykó, Csilléry paprika nevelítők munkatársa volt, 32 fajtának, hibridnek társnevelítője. Legismertebb fajtájuk a 'Fehérözön', amely fajta több évtizedig piacvezető volt. Közismerten jó előadó, nem csak nevelítő körökben, de a kertbarát körök is sokat hívják előadásra és tanulnak tőle. Az óvári egyetem professzora, az MTA doktora *Prof. Dr. Porpáczy Aladár* jeles születési évfordulója alkalmából szintén megkapta az Kerámia Plakettet, amit sajnos csak postai úton tudtunk átadni neki. Professzor úr a gyümölcsstermesztés fejlesztési kérdéseit kutatta munkássága során, különös tekintettel a bogycs gyümölcsűekre. Új, károsítókra toleráns piros- és feketeribiszke fajták nevelítése, különleges gyümölcsök termesztésbe vonása volt a kedves témája. Az MNE Bronz Emlékéremet, amely Lapis Andrásszobrászművész alkotása, *Csilléry Gábor* kapta meg. Gábor a paprika nevelítés sugárzó egyénisége. A rezisztencia kutatás és a mutánsok szerelme. Munkabírása, az MNE-hez és a nevelítéshez való hűsége mindenki számára példa lehet.

A 2023. évben négy tiszteletbeli taggal bővült az MNE tagjainak sora. Közgyűlésünk nagy többséggel Héthelyi B. Évát, Dr. Somogyi Györgyöt, Dr. Oláh Istvánt és Dr. Janowsky Jánost emelte és fogadta be a tiszteletbeli tagok közé, akik munkájukkal, kiemelkedő személyiségükkel fémjelzik az egyesületet. A 2023. év Ifjú Nevelítője címet *Dr. Balla Zoltán* magánnevelítő nyerte el, aki több pályázó közül földimogyoró témában készített kiváló pályázatával érdemelte ki az elismerő címet. Zoltán egy elfeledett faj nevelítését karolta fel. Pályázatában három új, oltalommal védett fajtája szerepelt és különböző kutatási fejlesztések. Munkája azért jó példa mindenki számára, mert a fajtanevelésen túl, a vetőmag-előállítást, termesztéstechnológiát és a feldolgozást fejleszti és kutatja. A teljes vertikum nagyszerű innovációban csúcsosodott ki pályamunkájában.

Sajnos a nagyszerű eredményeken- és kitüntetésekén túl jelentős veszteségeink is voltak. Az elmúlt évben távozott el közülünk *Dr. Németh Gizella* (1942-2023), akit kivételes nyelvtudás és igazi kutatói véna jellemezett. A szegedi nagy „napraforgós korszak” meghatározó kutatója volt. Minden kutató és szervező munkát magas szinten elvégzett, ami a sikerhez fontos volt. *Léder László* (1952-2023) is elhagyott bennünket, aki a Kossuth-díjas Beke Ferenc tanítványa volt. Szerény ember volt és megszállott nevelítő. Táplánszentkereszten dolgozott vöröshere, köles, mohar, pohánka fajoknak szentelte életét és főleg ezekben alkotott fajtákat, amik még ma is fajtalistán vannak, és a termesztők rendelkezésére állnak. Legidősebb tagunk, *Dr. Gyulavári Oszkár* (1924-2023) is itt hagyott minket. Oszci bácsi az 1947-es óvári nagy hírű nevelítő tanfolyam utolsó élő hírnöke volt. Kukorica és mindenek felett kukorica, ez volt az ő nevelítő élete. Még nagyon idős korában is különleges érzéke volt az újra. Fiatalon hazánkban ő figyelte fel először Chase-féle marker módszerre (1952), amit mára a nagy cégek első számú nevelítő módszerre fejlesztettek. Mi idehaza – nem Oszci bácsin múlt – jelentős lemaradásban vagyunk. Bár *Prof. Dr. Lelley Tamás* (1942-2023) nem volt MNE tag, de mint jól ismert egyetemi ember, halálával ő is a magyar nevelés nagy vesztesége. Sohasem szakította el magyar gyökereit. Édesapja örökségét, szegedi lakását, szakmaiságát a legvégsőkig megtartotta. Határainkon túl szerzett nagy tekintélyt a magyar növénynevelésnek. Az összefoglalónk végén, nehéz szívvel, fájdalommal és lélekben mélyen meghajolva búcsúzunk Tőlük!

FÖLDIMOGYORÓ NEMESÍTÉSTŐL A FOGYASZTÓ ASZTALÁIG: GMO MENTES, HAZAI FÖLDIMOGYORÓ TERMÉKPÁLYA KIDOLGOZÁSA ÉS MEGVALÓSÍTÁSA

Balla Zoltán

Magánnemesítő

A földimogyoró termesztése új korszakot nyithat a hazai mezőgazdaságban. A növény a homokos területeken sikerrel vizsgázott és 2022-re államilag elismert magyar nemesítésű fajták is rendelkezésre állnak, melyeket én, mint magán nemesítő hoztam létre.

A faj legnagyobb termelője Kína 18,7 millió tonnával és India 6,8 millió tonnával évente. A harmadik legtöbb földimogyoró, 4,0 millió tonna az USA-ban terem éves viszonylatban. A piaci statisztikák szerint a legjobb minőségű termés Argentína és az USA farmjairól kerül ki, a nagy mennyiséget pedig Ázsiában állítanak elő. A legnagyobb – 3,8-3,9 t/ha – hozamok az USA-ra jellemzőek, míg Kínában 3,4-3,5, Indiában 3,0-3,1 tonna terem hektáronként.

Korábbi tanulmányokból tudjuk, hogy az 1930-as években az Alföldi Mezőgazdasági Kísérleti Intézet foglalkozott földimogyoró termesztési kísérletekkel Szeged, Hódmezővásárhely és Kiskunhalas térségében. Az 1950-es években Bruder János irányításával Mezőhegyes és Medgyesegyháza környékén, 300 hektáron folyt földimogyoró termesztés, 1954-ben pedig már elérték a 8-10 mázsás termést kataszteri holdanként (0,57 ha), ami akkor egy családnak 14-18 ezer forint bevételt jelentett – áll Dr. Moholi (Karakasevich) Károly 1957-es tanulmányában. Tehát, a világ mezőgazdaságában rangos helyet elfoglaló földimogyoró a múlt század elején bekerült ugyan a hazai kultúrflórába, de a kezdeti sikerek ellenére mégsem vált igazán jelentős haszonnövényé Magyarországon. A tanulmányban szereplő elmélet gyakorlattal való alátámasztása azonban sok-sok évet várattott magára.

A magyar földimogyoró a klímaváltozás nyertese az elmúlt évek tapasztalatai alapján. Én 2013-ban kezdtem el foglalkozni ismét a földimogyoró termesztés lehetőségeinek tanulmányozásával. Nagy Jánossal a Debreceni Egyetem professzorának segítségével kezdtem meg a növény termesztésének lehetőségeit vizsgálni kispárcellás kísérletekben. A nemesítési munkám eredménye, 3 államilag elismert magyar földimogyoró fajta. A biztonságos köztermesztés elsődleges feltétele a GMO mentes, igazolt előállításból származó vetőmag biztosítása a termelők részére. Több éves kísérleteim során kiemelt hangsúlyt fektettem a fajtakísérletekre. Célom volt, hogy a fajtanemesítés során a fajtajelöltek elismerése történjen meg a Nemzeti Fajtajegyzékbe, valamint ezzel párhuzamosan a NÉBIH NKI a Közösségi Növényfajta Hivatal (CPVO) vizsgálatokat után az Európai Unió Fajtajegyzékben is elérhetőek legyenek a magyar fajták. 2019-ben 3 önálló, saját nemesítésű földimogyoró fajtajelöltet jelentettem be a NÉBIH-hez állami elismerés céljából. A hazai és nemzetközi vizsgálatok eredményei után az Országos Mezőgazdasági Fajtainósító Bizottság 2022-ben három új földimogyoró fajtának adta ki az állami elismerést igazoló dokumentumokat. Az új fajták a Nemzeti Fajtajegyzékben a Balla, a Zoltán és a Kata neveket kapták. A Balla és a Kata elsősorban friss fogyasztásra alkalmas, míg a Zoltán ipari feldolgozásra, hiszen 52-53 százalékos olajtartalommal bír.

A fajták létrehozását követően a vetőmag-előállítás, felszaporítás kulcskérdés. A vetőmag biztosításával lehetőségünk nyílt a kész termékek – mint frissen pirított földimogyoró, hidegen sajtolt olaj, és a héjból préselt brikett előállítására. Ötven év elteltével, több éves termesztéstechnológiai vizsgálatok után ma hazánkban, kisüzemi keretek között Zákányszéken, Kővári Róbert családi gazdálkodóval együttműködve folyik a földimogyoró szántóföldi termesztése.

A Balla néven jegyzett földimogyoró fajta tenyészideje 140-145 nap körül alakul. Magtermése, a fajtaelismerés időszakában (2 év átlagában) 2,54 tonna volt hektáronként, ami 9,7%-kal több, mint a kísérlet átlageredménye. Olajtartalma 50,6%, fehérjetartalma 25,1% volt. Ezermagtömege 952 gramm a vizsgált évek átlagában. Termesztési tulajdonságai kedvezőek. Értékelhető mértékű kórtani fertőzés a vizsgált évek alatt nem fordult elő. Olajtermése 1100 kg/ha, ami 112,5% a kísérleti átlaghoz képest, fehérjetermése 510 kg/ha, ami 102,8% a vizsgált időszakban kapott eredményekhez képest.

A Zoltán nevet egy kiskerti és akár nagyüzemi termesztésre szánt fajta kapta. Rövidebb tenyészidejű, (130-140 nap) kiváló beltartalmi tulajdonságokkal bíró fajta. Olajtartalma 52,4%, amely több mint 4%-kal haladja meg a standard fajták olajtartalmát. Fehérjetartalma 26,2%, fehérjetermése hektáronként 494 kg/ha. Ezermagtömege 440 gramm volt a vizsgált évek átlagában. Olajtartalmát tekintve prémium, hidegen sajtolt olaj előállításra kiválóan alkalmas.

A harmadik fajta Kata néven kapott állami elismerést. Magtermése 2,48 t/ha, ami 7%-kal több, mint a kísérlet átlageredménye. Optimális tenyészideje 135-142 nap között alakul. Ez a fajta is, a másik két elismert fajtával megegyezően, szabadelvirágzású. Olajtartalma 49,15%, olajtermése 1034 kg/ha. Fehérjetartalma 25,4%, melyhez 501 kg/ha fehérjetermés társul. Közép tenyészidejét tekintve kiválóan megtalálja helyét a vetésforgóban.

A földimogyoró az agrárium fekete éveként emlegetett 2022-ben is helyt állt. A növényfaj igen jól bírja az aszályos periódusokat is, sőt, akkor virágzik a legjobban. A nagy árbevétel és jelentős mennyiségű termést produkáló növények szerepe a jövőben is elvitathatatlan. Azonban ma még olyan növényeket is nagy felületen termesztünk, amelyek nem bírják a klímaváltozást. Helyettük reális alternatíva lehet a földimogyoró, mellyel még profitot is realizálhat a termelő.

A földimogyoró nem csak a növénytermesztés szempontjából lehet alternatív megélhetési forrás, hanem az egészséges táplálkozás szerves részét képezheti. Mint ismert, sajnos hazánkban a földimogyoró gyakran kimarad az egészséges táplálkozás során felsorolt lehetőségek közül. Az igaz, hogy botanikailag hüvelyes növényről van szó, mégis számtalan előnye van, amiért érdemes mogyorót és mogyoróvaját fogyasztani. Nagy jódszámú, nem száradó olajtartalma 42–55% között van. 28–34% fehérjét és sok B1-, B2-vitamint is tartalmaz. A sózatlan és nyers mogyoró telítetlen zsírokat, szénhidrátokat, fehérjét és B csoportú vitaminokat tartalmaz, amelyek az idegrendszer helyes működéséhez szükségesek, de E vitamint és magnéziumot is. Elősegítik az izomnövekedést, a zsírégetést, az emésztést, megakadályozzák az édesre való étvágyat és gyorsítják az anyagcserét. A földimogyoró fogyasztása reggelire segíthet a vércukorszintet egész nap kordában tartani, még egy magas kalóriatartalmú ebéd után is. Továbbá egyedi bioaktív komponenseket tartalmaz, antioxidánsként viselkedik és számos betegség megelőzésében segít.

2024-re megszületett a saját márkás magyar vetőmag, a hidegen sajtolt földimogyoró olaj, a frissen, idényszerűen pirított földimogyoró, valamint a kibontás után visszamaradó héjből a brikett.

A Kővári családdal közösen, 2024-re megalkottuk a saját szakmai weboldalukat, ahol edukációs jelleggel adunk közre információt kiskerti és nagyüzemi termelők számára. Elérhető az oldalon továbbá webáruház is, ahol az általunk készített saját márkás, minőségi termékeket az érdeklődők meg is vásárolhatják. A weboldal elérhetősége, a www.afoldimogyoro.hu.

A jövőben továbbra is fő célom, hogy a „termőföldtől az asztalig” programot tudjuk működtetni, saját vetőmagból, hazai földön megtermelni, majd elkészíteni a GM-mentes magyar termékeinket, ami lehet pirított mag, olaj vagy éppen mogyoróvaj.

SZEKCIÓ ELŐADÁSOK

A TOXIKUS GOMBÁKKAL SZEMBENI FAJTAMINŐSÍTÉS REFORMJA ÉS A TERMELES REFORMJÁNAK FONTOSABB LÉPÉSEI

Mesterházy Ákos, Meszlényi Tamás, Szabó Balázs, Tóth Beáta

Gabonakutató Közhasznú Kft, Szeged

A gabonafélék igen eltérő ellenállóképességgel rendelkeznek a toxikus gombákkal szemben. A FAO 25%-ra teszi a toxinos gabona arányát az össztermésből. A mi adataink is hasonló mértékről szólnak. Mint faj, a kukorica okozza a legtöbb problémát (*F. graminearum*, *F. verticillioides* és *A. flavus*). Ez évente akár másfél-két millió tonnás toxinszennyezett kukoricát is jelenthet. Ezek változatos környezeti igényeik miatt nedves időben a DON, száraz vagy forró időben a fumonizin és aflatoxin, így az éghajlatmelegedés ellen a nagyobb rezisztencia fontos kockázatcsökkentő eszköz. Mivel a köztermesztésben lévő hibridek között igen jelentős, akár tízszeresénél nagyobb különbségek vannak, ezért alapvető a hibridek közül ki lehet válogatni a legjobbakat. Erre ma az a leghatékonyabb és az ellenállóság a különböző gombafajok ellen nem kapcsolt. *Ezért a vizsgálatok során a korábbi természetes fertőzöttség felvételezésén túl mérjük a három faj 3-3 izolátumával szembeni rezisztenciát, a toxinreakcióval együtt mind mesterséges és természetes fertőzéssel szemben és a toxinszennyezést multitoxin eljárással kontrolláljuk.* A megtakarítás csak ebből az eljárásból a két millió tonnából legalább egy millió tonnát menthet meg **(90-100 milliárd Ft)**, a hibridvizsgálatok **éves költsége 400** millióra becsülhető. A búza, árpa tritikálé esetében jobb a helyzet, ugyanis az eddigi adatok azt mutatják, hogy a különböző *Fusarium* fajokkal szembeni ellenállóság kapcsolt, ezt molekuláris adatokkal is alátámasztottuk. Itt a járványok ritkábbak, évtizedenként kettő, a déli és keleti végeken tízévente 3-4 is előfordul. A fertőzés mértéke és a toxintartalom itt is igen változó összefüggéseket ad, de a szemfertőzöttség a pontosabb. Toxinadatok nélkül az élelmiszerbiztonságról aligha lehet beszélni. Ma is van 4-5 olyan szegedi fajta a köztermesztésben, ami fungicides védelem mellett már erős járványban is tudja teljesíteni az előírt DON határérték tizedét is. Itt az éves átlagveszteség 1 millió tonna körül van, de ebben már a raktári veszteség is benne van, ez 100 milliárd Ft-ra tehető. Azaz a 250 milliós vizsgálati költség nem rossz befektetés. **Az eljárást az Agrárminisztérium bevezetésre ajánlotta.** *Az élelmiszer- és takarmánybiztonság vizsgálatára ma az egész világon a leghatékonyabb metodika, ennek minden részlete nemzetközi lapokban megjelent.*

A határértéket meghaladó toxintartalom a gabonatermelés veszteségeinek nagyjából negyedét okozza. A már több évtizede tartó tömegtermelési anarchia is meghozta az eredményt a több millió tonna eladhatatlan termék okán. **Ez csak egy minőségi fordulaton, az egyéb betegségekkel szembeni rezisztencián, a növényvédelmen, a vízgazdálkodáson és a kiváló vízhasznosításon múlna, egyszerűen az alkalmazkodóképességen.** Ezek a képességek most szemünk láttára semmisülnek meg. A termelés minden elemének „precíziós” kell lennie, mert hiába a precíziós talajerő-gazdálkodás, ha gond van a nemesítéssel, nincs talajélet, fogékonyak a növények és a raktárakban meg tönkremegy a termés jelentős része **(3-4 millió t)**. Itt az ideje egy nemzeti mezőgazdaság-fejlesztési program meghirdetésének. Ennek egyes elemei már ma is EU támogatásban részesülnek, csak az egész rendszer nincs megszervezve.

A kutatásokat a MycoRed FP7, a GOP 1.1.1. HU-SRB IPA, a GINOP 2.2.1-15-2016-00021, a TUDFO/51757/2019-ITM, a TKP2020-NKA-21-ITM, a Bonafarm Csoport és a Magyar Kukorica Klub támogatta.

PYRENOPHORA TERES F. TERES FERTŐZÉS HATÁSÁRA INDUKÁLÓDÓ NÖVÉNYI HORMONOK ÁLTAL IRÁNYÍTOTT VÉDEKEZÉSI ÚTVONALAK VIZSGÁLATA ÁRPÁBAN

Mészáros Klára¹, Jeny Jose¹, Mónika Cséplő¹, Bányai Judit¹, Pál Magda¹, Bakonyi József², Sági László¹, Éva Csaba¹

¹ HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

² HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézet, Budapest

Az árpa világszerte és hazánkban is a legfontosabb gabonafélék egyike. Mind a humán táplálkozásban, mind a takarmányozásban fontos szerepet tölt be. A szerteágazó igények kielégítése újabb és újabb fajták nemesítését teszi szükségessé. A növénynevelés egyik legfontosabb feladata a környezethez alkalmazkodó fajták előállítása. Ez mérsékli a növényvédő szerek használatának szükségét, mely környezetvédelmi és élelmiszer biztonsági szempontból igen fontos, valamint a termesztés költségeit is csökkenti. A hálózatos levélfoltosság, melyet a *Pyrenophora teres* f. *teres* (PTT) gomba okoz, világszerte előforduló árpa betegség és jelentős termésvesztést okozhat, ezért az ellenálló fajták nemesítése elengedhetetlen. A növényi hormonoknak kulcsszerepe van a kórokozókkal szembeni védekezésben. A két legfontosabb a szalicil-(SA) és jaszonsav (JA) által szabályozott útvonala, melyek kölcsönhatása lehetővé teszi a növényi válasz finomhangolását a kórokozó támadására. Az APETALA2/Ethylene-Responsive Transzkripció Factor (AP2/ERF) család mind a biotikus, mind az abiotikus stresszválaszban fontos szerepet tölt be. Ennek egyik tagja az *ORA59* transzkripció faktor, melynek expresszió növekedését mutatták ki *Arabidopsis*-ban patogén támadásakor. Az *ORA59* termelődését a JA serkenti, míg a SA gátolja. Az *ORA59* homológja megtalálható árpában is (HORVU4Hr1G000700.2, aPlant Ensembl-ben), mely 69%-os aminosav homológiát mutat az *Arabidopsis* fehérjével, azonban szerepe ismeretlen.

Vizsgálatunkban a *Botrytis cinerea* fertőzéssel szemben az *ORA59* mutáns lúdfű érzékenyebb volt, mint a vad típusú (Columbia). A mutáns genotípus árpa *ORA59* génnel történő komplementálása után a kórokozóval szembeni ellenálló-képessége javult. PTT fertőzés hatására mind a SA, mind a JA termelése szignifikánsan ($p < 0,01$) megváltozott árpában. A SA mennyisége az érzékeny, míg a JA mennyisége az ellenálló fajtákban volt több. Árpa knock-out mutánsokon vizsgáltuk az *ORA59* expresszió és PTT rezisztencia közötti kapcsolatot, melyeket CRISPR/Cas9 módszerrel állítottunk elő. A PTT rezisztenciát leválasztott levél technikával határoztuk meg. Az *ORA59* editált növények AUDPC értéke szignifikánsan nagyobb volt, mint a vad típusé. Az *ORA59* transzkripció faktor szerepének mélyebb megértése céljából elvégeztük a *Pyrenophora teres* f. *teres* (PTT) fertőzött és fertőzetlen vad típusú, illetve *ORA59* mutáns árpa transzkriptóm szekvenálását, Összehasonlítva az eredményeket a vad Golden Promise és *ORA59* editált Golden Promise növényeken, a funkcionális (gene ontology) elemzés azt mutatta, hogy az árpa *ORA59* a kórokozók elleni védelmet szabályozza. Több funkcionális géncsoport expressziója is eltért a vad típusú és a mutáns növény között. Számos AP2/ERF transzkripció faktor és Chloramphenicol acetyltransferase-like domént kódoló gén kifejeződése a fertőzés több napján is, konzekvensen alacsonyabb volt a fertőzésre érzékenyebb *ORA59* mutáns növényben, mint a vad típusban. Az eredményeink azt mutatják, hogy az *ORA59*, általános kórokozó elleni regulátorként fokozza a sejtfalszintézis gének, kitináz, lektin, glutation-S-transzferázok és a már említett AP2/ERF transzkripció faktorok expresszióját is.

A kutatásaink a TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA és RRF-2.3.1-21-2022-00007 Agrár-biotechnológia és precíziós nemesítés az élelmiszerbiztonságért pályázati programok finanszírozásában valósultak meg.

AEGILOPS BIUNCIALIS ASSZOCIÁCIÓS PANEL LISZTHARMAT-ELLENÁLLÓSÁGÁNAK AUTOMATIZÁLT MIKRO- ÉS MAKRO-FENOTIPIZÁLÁSA ÉS A TULAJDONSÁGÉRT FELELŐS RÉGIÓK AZONOSÍTÁSA

Farkas András¹, Ivanizs László¹, Darkó Éva¹, Gaál Eszter¹, Türkösi Edina¹, Kruppa Klaudia¹, Szakács Éva¹, Szőke-Pázi Kitti¹, Kovács Péter¹, Stefanie Lück², Dimitar Douchkov², Molnár István¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK), OT Gatersleben, Germany

A búzalisztharmat (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) a búza egyik fő betegsége, jelentős termés kiesést és minőségromlást okoz a termesztés során. A növényvédelem terén a leginkább környezettudatos megközelítés a természetes rezisztenciagének alkalmazása a kórokozókkal szemben. A kecskebúza fajok (*Aegilops* sp.) a búza közeli rokonai, így ígéretes génforrások lehetnek a búza genetikai diverzitásának növelésére az interspecifikus hibridizáció révén. Az egyéves *Aegilops biuncialis* (U^bU^bM^bM^b) számos agronómiailag értékes tulajdonságot hordoz (jó szárazság- és sótűrő-képesség, beltartalmi értékek, kártevők és betegségekkel szembeni ellenállás) beleértve a lisztharmat-ellenállóságot is.

Jelen kutatás célja egy 180 genotíusból álló *Ae. biuncialis* gyűjtemény betegség-ellenállóságának vizsgálata a lisztharmatot okozó *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*-vel szemben, valamint tulajdonságért felelős kromoszómaregiók azonosítása.

Kísérleteinket a gateslebeni IPK-val (Biotrófia és Immunitás kutatócsoport) együttműködésben végeztük, ahol kifejlesztettek egy nagy áteresztőképességű, automatizált mikroszkópiai rendszert “deep learning” alapú képanalízissel kiegészítve, amely alkalmas a növény-patogén interakciók fenotipizálására (BluVision Micro- and Macrophenomics Framework). A rendszer képes kvantifikálni a gombamikrokolóniák számát és sűrűségét, a kolóniák másodlagos hifáinak pontos területét, valamint különböző morfológiai paramétereket. Az inokulációs teszt során a 14 napos *Ae. biuncialis* genotípusok második levelének közepéből 2 cm-es szegmentumot vágunk ki, ezt agart tartalmazó microtiter-platekre helyeztük. A fertőzést erősen virulens *B. graminis* f. sp. *tritici* izolátummal (FAL 92315) végeztük, kontrollként a Kanzler fogékony búzafajtát használtuk.

A kísérletek során az *Ae. biuncialis* genotípusokon megjelent kolóniák száma 0-tól 221,5-ig terjedt. A 180 genotíusból 57 genotípus teljesen rezisztensnek bizonyult (0 kolónia). A többi genotípus értékei 0,53-tól 221,5-ig terjedtek, az enyhén rezisztentstől az érzékeny genotípusokig. Az *Ae. biuncialis* populáció korábbi genotipizálásával DArTseq alapú SNP markereket állítottunk elő. A kapott SNP-k felhasználásával a teljes genomra kiterjedő asszociációs elemzést (GWAS) végeztünk és azonosítottuk a rezisztencia egyes paraméterei és a markerek közötti asszociációkat. Összesen 22 olyan QTL-t detektáltunk, amelyek szoros kapcsolatot mutattak a rezisztenciával, ebből 9 marker a kolóniák számával (1M, 1U, 2M, 3U kromoszómákon), 13 marker pedig a kolóniák méretével mutatott asszociációt (3U, 7M, 6M, 1M, 3M, 3U, 3M, 2M, 1M kromoszómákon).

A feltárt széles fenotipikus változékonyság értékes genetikai sokféleséget jelez az *Ae. biuncialis*-ban, egyúttal lehetőséget biztosít arra is, hogy introgressziós nemesítéssel ezek a lokuszok, célzottan átvihetők a búzába.

A kutatásokat az OTKA (PD 145915, K135057) és a TKP2021-NKTA-06 pályázatok támogatták.

A KUKORICA-VÖRÖSÖDÉS (*Maize redness*) BETEGSÉG ISMÉTLŐDŐ FELLÉPÉSE FAJTAKITERMESZTŐ PARCELLÁKON

Gergely László¹ és Kristó Attila²

¹NÉBiH Mezőgazdasági Genetikai Erőforrások Igazgatóság, Budapest

²NÉBiH Fajtakitermesztő Állomás, Monorierdő

A kukorica-vörösödés (*Maize redness*, MR) betegség tüneteire először 1957-ben figyeltek föl Szerbia dél-bánáti régiójában (Maric és Kosovac 1959). A kórokozó azonosítására csak 50 évvel később került sor (Duduk és Bertaccini 2006), amikor a tünetes kukoricamintákból kimutatták a sztolbur fitoplazmát ('*Candidatus* Phytoplasma solani', 16SrXII-A). A fitoplazmák átviteléhez, a fertőzés létrejöttéhez és terjedéséhez alkalmas rovarvektorokra van szükség. A sztolbur esetében a *Hyalesthes obsoletus* (Signoret) és a *Reptalus panzeri* (Löw) kabócafajok (Hemiptera: Cixiidae) tekinthetők igazolt vektoroknak. A *Hyalesthes obsoletus* elsődleges tápnövényei az apró szulák (*Convolvulus arvensis* L.) és a nagy csalán (*Urtica dioica* (L.)), míg a *Reptalus panzeri* polifág faj, fejlődése kezdeti szakaszában különböző fűfajokon táplálkozik. A kórokozó széles gazdanövénykörrel bír. A *Solanaceae* család fajain (paprika, paradicsom, burgonya, tojásgyümölcs) kívül más kétszikű kultúr- (pl. cukorrépa, repce, szőlő, levendula) és gyomnövényeket (pl. apró szulák, nagy csalán, csattanó maszlag, stb.), valamint egyes egyszikű fajokat (búza, fenyércirok) is képes fertőzni, mely utóbbiak fontos szerepet játszanak az MR betegség járványtanában, mint rezervoár növények és fertőzési források.

A betegség jellemzően sporadikus előfordulása, de Szerbiában járványos fellépését észlelték az 1990-es években és a 2000-es évek elején, így például 2002-2003-ban 40-90 %-os terméseszkökenről számoltak be a Dél-Bánátban és a környező termőterületeken (EPPO 2013). Hazai jelenlétére 2009-ben figyeltünk föl, amikor a NÉBiH Fajtakitermesztő Állomásán (Monorierdő) a kukorica kitermesztési parcellákon néhány beltenyésztett vonal 90-100%-os gyakorisággal mutatta a betegségre jellemző tüneteket, a vonalak fogékonyságában jelentős különbségeket tapasztaltunk, ugyanakkor a hibrideken nem, vagy csak enyhe tüneteket észleltünk. 2010-ben további nyolc termőhelyről gyűjtöttünk be tünetes növénymintákat (n=25) és molekuláris biológiai vizsgálatokkal (PCR/RFLP) 3 mintából sikerült azonosítani a sztolbur fitoplazmát, mindhárom minta Monorierdőről származott. A kísérleti térről befogott kabócafajokból (*Hyalesthes obsoletus*, *Reptalus panzeri*) ugyancsak kimutattuk a kórokozót (Ács és mtsai 2011). A későbbi vizsgálatainkban további két termőhelyről (Nádudvar, Kenderes) származó tünetes minták is sztolbur-positívnak bizonyultak (Elek és mtsai 2015).

Az MR betegség tünetegyüttese: 1. a levél főérének, majd a levéllemez és a szár vörös elszíneződése, 2. a normálistól eltérő, csökkent csőfejlődés, 3. gyenge magkötés, ráncos-töppedt szemek, 4. hervadás, majd a felgyorsult deszikkációt követő korai elhalás.

A monorierdei fajtakitermesztés mellett 2001-óta ismételtén észleltük a sztolbur betegség fellépését két Fajtakísérleti Állomáson (Tordas, Röjtökmuzsaj), elsősorban paprika, paradicsom és burgonya-állományokban, évente eltérő gyakorisággal. Tapasztalataink alapján a legsúlyosabb termésveszteségek két egymást követő *meleg és száraz* évjáratban következtek be a burgonya-fajtakísérletekben, Tordason (2002-2003, 2017-2018) (Gergely és Czákó 2018).

Az MR betegség elleni integrált védekezés lehetőségei a következők: 1. vetésforgó (3 vagy több éves, a búza - kukorica vetésváltás kedvezőtlen, 2. vegyszeres gyomszabályozás (a fenyércirok és az apró szulák sztolbur-gazdanövények), 3. rovarölő szeres állománykezelés a kabócavektorok ellen, 4. rezisztens vagy toleráns kukorica-genotípusok felkutatása, mint pl. az NS 1-257 CRS populációból indított vonalak Szerbiában (Bekavac és mtsai 2007).

Irodalom:

- Ács, Z., Jovic, J., Ember, I., Cvrkovic, T., Nagy, Z., Talabér, C., Gergely, L., Tosevski, I., Kölber, M. 2011. First report of maize redness disease in Hungary. *Bulletin of Insectology*, 64 (Suppl.). 229-230.
- Bekavac, G., Purar, B., Jockovic, D. 2007. Corn reddening: The disease and breeding for resistance. *J. Plant Pathol.*, 89: 397-404.
- Duduk, B., Bertaccini, A. 2006. Corn with symptoms of reddening: New host of stolbur phytoplasma. *Plant Disease*, 90: 1313-1319.
- Elek, R., Gergely, L., Csömör, Zs., Béres, I.A., Kölber, M. 2015. Újabb adatok a kukorica vörösödés (Maize redness) magyarországi előfordulásáról. 61. Növényvédelmi Tud. Napok, Budapest, *Abstr.* 87.
- EPPO, 2013. http://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert_List/bacteria/Maizeredness.htm
- Gergely, L., Czakó, Zs. 2018. A sztolbur betegség ismételt fellépése burgonya-fajtakísérletekben 2003 és 2018 között. 23. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum (8th Int. Plant Prot. Symp.), Debrecen, *Abstr.* 35-36.
- Jovic, J., Cvrkovic, T., Mitrovic, M., Krnjajic, S., Redinbaugh, M.G., Pratt, R.C., Gingery, R.E., Hogenhout, S.A., Tosevski, I. 2007. Roles of stolbur phytoplasma and *Reptalus panzeri* (Cixiinae, Auchenorrhyncha) in the epidemiology of Maize redness in Serbia. *Eur. J. Plant Pathol.* 118: 85-89.
- Maric, A., Kosovac, Z. 1959. Proucavanje uzroka i stetnosti crvenila kukuruza u Vojvodini (Study of causes and harmfulness of corn reddening in Vojvodina). *Savremena poljoprivreda*, 12: 1028-1043.

AZ *IN VITRO* ANDROGENEZIS FEJLESZTÉSE ÉS ALKALMAZÁSA RIZSBEN (*ORYZA SATIVA* L.)

Lantos C¹, Jancsó M², Székely Á², Szalóki T², Pauk J¹

¹Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Biotechnológiai Laboratórium, Szeged

²MATE IES ÖVKI, Szarvas

A *doubled haploid* (DH) növényelőállítási módszerek kiváló lehetőséget biztosítanak a növénynevelési programok számára, hogy csökkentsék a nevelési folyamat hosszát, emeljék a szelekció hatékonyságát. A DH növényelőállítási módszerek legfontosabb előnye, hogy egy generáció alatt állítunk elő homozigóta vonalakat, ami alapkövetelmény az új fajták és hibridek nevelése során.

Az *in vitro* androgenezisen alapuló DH növényelőállítási módszerek (portok- és izolált mikrospóra tenyésztés) évtizedek óta a növénybiotechnológiai kutatások fontos részét képezik. Lehetőséget kínálnak recesszív allélok hatásának gyors tesztelésére, más módszerekkel kombinálva (MAS, *in vitro* szelekció stb.) a nevelési folyamat eredményességét tovább emelhetik. Több gabonafaj tekintetében (pl.: búza, tönkölybúza, tritikále, árpa) az *in vitro* DH növényelőállítási módszerek ma már gyakorlati szinten alkalmazott rutin módszernek számítanak.

Az első portoktenyésztés eredetű rizs növényeket japán kutatók (Niizeki és Oono) publikálták 1968-ban. Számos fejlesztést követően az *in vitro* portoktenyésztés hatékony eszközzé vált a rizs nevelés számára, különösen *japonica* genotípusok esetében, míg az *indica* genotípusok nehezen válaszadó típusokként ismertek. Számos nevelési programban felhasználták az *in vitro* androgenézis módszerét, jelenleg több mint 40 DH rizsfajta ismert a világon.

A rizs (*Oryza sativa* L.) *in vitro* portoktenyésztés módszerét továbbfejlesztettük az elmúlt évek során. Az előkezelések tesztelése (opt. 3-7 nap, 10°C), indukciós (N₆ alap) és növényregeneráló táptalajok (MS alapú táptalajok) fejlesztése után hatékony DH növény előállítási rendszer áll rendelkezésünkre, mellyel több ezer portoktenyésztés eredetű zöld növénykét tudunk előállítani évente. Erős genotípus függőséget tapasztaltunk vizsgálataink során, a *japonica* genotípusok jó válaszadó képességük *in vitro* portoktenyésztésben, míg az *indica* típusok esetében az androgenézis indukciója alacsonyabb gyakoriságú volt.

Aramlási citometriás eljárással az eltérő ploidszintű minták jól elkülöníthetőek *in vitro* és *in vivo* körülmények között egyaránt. A regenerált növények között haploid, diploid, mixoploid és tetraploid egyedeket azonosítottunk, a spontán kromoszóma duplikáció mértéke 51,89% volt. A spontán DH növények a szarvasi rizs nevelési programban kerültek felhasználásra.

A kísérletes munka elkészülését az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram (OTKA-FK_21-FK138042) támogatta.

A RICINUS (*RICINUS COMMUNIS* L.) FITO- ÉS BIOTECHNIKAI KUTATÁS TIZENÖT ÉVE A DEBRECENI EGYETEM MÉK-EN (2009-2024)

Fári Miklós Gábor^{2,3}; Zsiláné André Anikó¹; Kovács Zoltán†; Koroknai Judit²; Lévai Péter³; Veres Szilvia²; Antal Gabriella¹ és Domokosné Szabolcsy Éva²

¹ Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Kertészettudományi Intézet, Debrecen

² Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Alkalmazott Növénybiológiai Tanszék, Debrecen

³ Dísznövénytermesztési Tanszék, Kecskeméti Főiskola, Kecskemét; EKBA, Székesfehérvár

A közterületek ágyásaiban egynyáriként alkalmazott növények mellett szükség van gyors növekedésű, magas termetű, minél hamarabb nagy lombfelületet adó, jól bokrosodó további egyéves lágyszárú cserjepótló növényekre is. Ezek méretüknél, megjelenésüknél fogva kiválóan használhatók az évelő sövények helyettesítésére, kerítések, házfalak takarására is, és nem utolsósorban, intenzív oxigéntermelő szerepük, pormegkötő-képességük is fontos. Hiányuk még markánsabban jelentkezik nagyvárosok fasor-rekonstrukciói során, amikor például egy fasorcserre következtében hirtelen lecsökkenő asszimilációs felület átmeneti helyettesítése, ill. kiegészítése a cél. A *Ricinus communis* L. díszkertészeti fajtái fenti célokra is alkalmasak. A ricinus eredeti élőhelyén, a trópusokon 10-15m magasságot is elérő kistermetű fa. Mivel a növény fejlődéséhez tartósan meleg és napfényes időjárás szükséges, Dél-Európában cserjeként, a mérsékelt égövi Közép-Európában egynyári növényként alkalmazható. Magyarországon a ricinus a vegetációs időszak klimatikus körülményeitől, ill. fajtától függően 0,5-4 m magasságot érhet el. Jól alkalmazható középmagas, magas egynyári dísznövényekkel és évelőkkel együtt, de gyepfelületbe szoliterként ültetve is dekoratív hatású. Virágágyakban térhatároló szerepet is betölthet, egzotikus megjelenésével trópusi hatást kelt a kertekben. Rendkívül előnyös kertészeti adottságai ellenére a ricinus közterületen biztonsággal csak úgy alkalmazható, ha fizikai, kémiai vagy biológiai módszerekkel megakadályozzuk a rendkívül mérgező hatású anyagot, a ricint tartalmazó magvak kialakulását. A 2001-ben Debrecenben indult szárazságtűrő, gazdaságosan fenntartható, növényvédelmi szempontból ellenálló dísznövényfajták kutatási programunk keretein belül Dr. Kovács Zoltán nemesítési munkájának köszönhetően, 12 db rendkívüli díszítő értékkel rendelkező ricinusfajta és vonal állt a rendelkezésünkre. Ezek között 2010-ben kiemeltünk egy alacsonyabb és egy a magasabb bokrot fejlesztő, sárga toktermésű, rendkívül dekoratív fajtajelöltet is. A MÉK Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertben, 2009-ben kezdett ricinus kísérleteink egyik első célkitűzése az volt, hogy a fejlődő bugák 1-2 alkalommal való eltávolításával, illetve kisebb lombalakítással alkalmassá tehetnénk-e a ricinust a szélesebb körben való kockázatmentesebb közterületi alkalmazásra? A vegetáció során az egyes fajták habitusának, virágzási hajlamának változását figyeltük meg. Megállapítottuk, hogy a lombalakító metszés hatására a kísérletbe vont 12 magyar ricinusfajta esetében megnövekedett a hajtáslágazások száma, lombzatuk sűrűbb, egészségesebb és dekoratívabb lett. Megfigyeltük, hogy a lombalakító metszésben nem részesült kontroll növények a tenyészidő utolsó szakaszában nem voltak már mutatósak, ezzel szemben a metszettek egészséges, attraktív megjelenésüket október közepéig, a fagyokig megőrizték. Munkánk további célja annak megismerése, hogy a változó, melegedő hazai klimatikus viszonyok között megállapíthassunk, hogy az általunk tanulmányozott, régi és újabb ricinusfajták, törzsek zöld biomasszája milyen értéket képvisel a bioipari feldolgozás szempontjából? Az előadás összefoglalja az eddigi kertészeti kutatásaink főbb eredményeit, továbbá tárgyalja a ricinus levelek részben ismert, részben kutatásra váró fitokémiai profilját és a legújabb zöldkémiai lehetőségeket.

ÚJ SZŐLŐFAJTA EGY KÖRNYEZETBARÁTBABB ÉS FENNTARTHATÓBB JÖVŐÉRT

Szűcsné Varga Gabriella, Németh Krisztina, Hajdu Edit

MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Kecskemét

Az Európai Unió tagországaiban a mezőgazdasági talajok 83%-a peszticid-maradványokkal szennyezett (forrás: CELEX 2023.05.30.), miközben a mezőgazdaság intenzívebbé válása és a peszticidek túlzott használata a jövőben tovább súlyosbíthatja a helyzetet. EU Farm to Fork (Termőföldtől az asztalig) stratégiájának átfogó célja, hogy 2030-ra EU-szerte 50 százalékkal csökkentsék a peszticidek használatát és a használatból eredő kockázatot. Ennek megvalósulása érdekében a szőlőtermesztőknek is számolni kell mind a környezetterhelés csökkentése, mind a növényvédőszer magas ára miatt, a kevesebb növényvédőszer használatának lehetőségeivel. A tudomány, a precíziós növénytermesztés és az ökológiai gazdálkodás együttesen szolgálja ezeket a törekvéseket. A klímaváltozás szélsőséges elemeinek egyre gyakoribb megjelenése (hektikus csapadékmennyiség, jégverés, aszály stb.) megváltoztatja a kórokozók és kártevők biológiai folyamatait és virulenciáját, melyet a szőlő kórokozóinak (*Plasmopara viticola*, *Erysiphe necator*, *Botrytis cinerea* stb.) és kártevőinek előfordulásában, kártételének erősségében is tapasztalhatunk. Így továbbra is fontos célkitűzés ezen kórokozók ellenálló szőlőfajták előállításának és termesztésbe vonása.

Az 1989-90-ben végzett keresztezésekből utódpopulációjából több értékes borszőlő típusú egyed is kiemelésre került. A hagyományos keresztezések megtervezése alapvető fontosságú, amelyek létjogosultságát a mai molekuláris és géntérképezési eszközökkel igazolni és alátámasztani lehet. A 3/3 nemesítői jelzésű hibrid a Toldi × Pölöskei muskotály keresztezés utódpopulációjából lett kiemelve. Az anyafajta a Toldi (C. 50) egyik szülője (Alföld 100) *Vitis amurensis* RUPR eredetű rezisztenciát hordoz, a másik szülője a Seyve-Villard 12-375 amerikai vadfajból származó (franko-amerikai hibrid) szintén erős rezisztencia génforrás. A peronoszpórával szembeni rezisztenciáért felelős gének a *V. amurensis*-ben az Rpv12 gén, a Seyve-Villard 12-375-ben a jól ismert Rpv3 gén. A két gén együttes jelenléte az utódokban erősebb és stabilabb rezisztencia fenotípust alakít ki (Venuti et al., 2013). Az apafajta a Pölöskei muskotály, szintén Seyve-Villard 12375 eredetű peronoszpóra, lisztharmat és szürkepenész ellenállóságot hordoz, az Rpv3 és a Ren3 gének által kódolva. A 3/3 nemesítői jelzéssel ellátott fajtajelöltet, **Heritage** fajtanévvel állami fajtaelismerésre történő bejelentését megkezdtük. Mind a környezetkímélő termesztésben borszőlőként, továbbá házikertekben étkezési szőlőként is ajánlható, mivel a hagyományosan elterjedt *vinifera* eredetű fajtákkal szemben előnyt jelent a fajta toleranciája a levélbetegségekkel és a bogyórothadással szemben.

Számos külföldi, új innovatív szőlőfajta érhető el a szőlőtermesztők számára. Azonban fontos megjegyezni, hogy a szőlőfajták a nemesítés és értékelés helyszínén való termesztésre ajánlottak mind a klimatikus, mind az ökológiai környezetet tekintve. A MATE Szőlészeti és Borászati Intézet Kecskeméti Kutatóállomásán a genetikai forrásanyagok, a biológiai alapok megőrzése és fenntartása mellett, a környezetkímélő és fenntartható szőlőtermesztést segítő szőlőfajták termesztésbe állításával is támogatja a hazai szőlőtermesztőket. A magyar szőlő és bortermelést.

A FÉNY ÉS METILÁCIÓ HATÁSA PAPRIKA TERMÉS (*CAPSICUM ANNUUM* L.) ANTOCIANIN BIOSZINTÉZISÉRE

SIDLÓ SÁRA¹, CSILLÉRY GÁBOR², KOVÁCS ZSÓFIA¹,
VERES ANIKÓ¹ és SZŐKE ANTAL¹

¹MATE Genetika és Biotechnológia Intézet, Genetika és Genomika Tanszék, Gödöllő
²PepGen Kft., Budapest

Korábbi kísérleteink során megfigyeltük, hogy a paprika termése az eltérő megvilágítás hatására szektoros antocianinos elszíneződést mutathat. Ez alapján célul tűztük ki, hogy egy termés különböző színezetű szektorait vizsgáljuk mind genetikai - antocianin bioszintézisben szerepet játszó gének expressziója, DNS metiláltsága - mind pedig analitikai megközelítésből. A kísérlethez a 'Kaldom' × 'Black Pearl' paprika (*Capsicum annuum* L.) fajták irányított keresztezéséből származó F₂ hasadó nemzedékben előforduló, terméseiben szektoros elszíneződést mutató növények terméseit alkalmaztuk. Az irodalmi adatokhoz hasonlóan a mért analitikai mutatóknál a totál polifenol-tartalom (TPC), a totál monomer antocianin-tartalom (TMA) és az antioxidáns kapacitás (FRAP) is a lila szektorokban mutattak szignifikánsan magasabb értéket. Általában ugyanezen szektorokban volt magasabb a vizsgált antocianin bioszintetikus útvonalban szerepet játszó gének többségének expressziója. Szignifikáns eltérést tudunk detektálni két fényérzékeny fehérjét kódoló gén - *HY5*, *UVR8* - génexpressziójában a különböző színű szektorok között. A pigmentált régiók metiláltsági foka alacsonyabb volt a nem pigmentáltakéhoz képest mind az összemetilációs mintázat, mind a LINE-1 retrotranszpozon metiláltságát tekintve.

Kulcsszavak: *Capsicum*, fény, szektoros elszíneződés, génexpresszió, metiláció, LINE-1

THE EFFECT OF METHYLATION AND LIGHT ON THE ANTHOCYANIN BIOSYNTHESIS OF PEPPER (*CAPSICUM ANNUUM* L.) FRUITS

S. SIDLÓ¹, G. CSILLÉRY², ZS. KOVÁCS¹, A. VERES¹ and A. SZŐKE¹

¹MATE, GBI, Gödöllő
²PepGen Ltd., Budapest

In our previous experiments, we observed that the fruits of peppers can show sectoral anthocyanin pigmentation due to different lighting conditions. Based on this, we aimed to examine the different colored sectors of the fruit from both a genetic - including the expression of genes involved in anthocyanin biosynthesis and DNA methylation - and from an analytical approach. For the experiment, we utilized F₂ plants exhibiting sectoral pigmentation deriving from controlled crosses between 'Kaldom' × 'Black Pearl' (*Capsicum annuum* L.) varieties. Similar to the literature data, the measured analytical indicators such as total polyphenolic content (TPC), total monomer anthocyanin content (TMA), and antioxidant capacity (FRAP) showed significantly higher values in the purple sectors. Generally, in these same sectors, the majority of genes involved in the anthocyanin biosynthetic pathway exhibited higher expression levels. We were able to detect significant differences in the expression of two genes encoding light-sensitive proteins - *HY5*, *UVR8* - among the different colored sectors. The degree of methylation in the pigmented regions was lower compared to the non-pigmented ones, both in terms of overall methylation patterns and the methylation of the LINE-1 retrotransposon.

Key words: *Capsicum*, light, sectorial colouration, gene expression, methylation, LINE-1

Bevezetés

A paprika a *Solanaceae* családon belül a *Capsicum* nemzetségbe tartozik, az egész világon kiemelt jelentőségű kertészeti növényünk (*Lightbourn et al.* 2007, *Dhar et al.* 2015). Gazdasági értékét nagymértékben meghatározza a termés alakja, csípőssége és színezettsége (*Paran és Fallik* 2011). Az általunk is vizsgált lila színezet kialakulása az antocianin pigmentek felhalmozódásának köszönhető (*Lightbourn et al.* 2007).

Az antocianin-tartalom genetikailag meghatározott tényező, azonban a bioszintézisének mértékét számos környezeti tényező is befolyásolhatja. A kártevők és kórokozók által okozott biotikus stressz és számos abiotikus stressz, mint például az erős UV sugárzás, magas fényintenzitás, alacsony hőmérséklet és alacsony tápanyag ellátottság magasabb antocianin-

tartalmat eredményezhetnek (Aza-González et al. 2017). A *Capsicum* nemzetség tagjai a kiemelkedően magas antioxidáns kapacitású zöldségek közé tartoznak (Ou et al. 2002).

Az antocianin bioszintézisben részt vevő géneket alapvetően két nagy csoportba tudjuk sorolni: a reakciólépéseket katalizáló enzimeket kódoló strukturális gének, valamint a strukturális gének expresszióját befolyásoló transzkripció faktorokat kódoló szabályozó gének (Gonzali et al. 2009). Az antocianin bioszintézisben részt vevő transzkripció faktorok közül az egyik legfontosabbnak a MYBa bizonyul, amelynek promóter régiójában egy retrotranszpozon (LINE-1) inszerciót mutattak ki (Jung et al. 2019, Ohno et al. 2020). A LINE-1 retrotranszpozon beépülés egy funkciónyeréses mutációt eredményez, mely több lépésen keresztül az antocianin-tartalom megnövelése révén hozzájárul az extrém lila színezet kialakításához a növény, mind vegetatív, mind generatív szövetjeiben (Ohno et al. 2020). Ugyanakkor a színezetet befolyásolhatja a metiláltság mértéke is. A metiláció teljes funkciója a DNS-ben még nem tisztázott, befolyásol számos biológiai folyamatot, mint a génextpresszió transzkripcionális szabályozása, transzpozabilis elemek szabályozása és csendesítése (Hafiz et al. 2001), szerepet játszik a kromatin szerkezetének és hozzáférhetőségének kialakításában, szabályozza a génextpressziót, a tulajdonságok öröklődését, a kromoszóma kölcsönhatásokat is (Zhang et al. 2018). Fontos szerepet játszik a növények növekedésének, fejlődésének alakulásában (Finnegan et al. 2000).

Egyes genotípusokban extrém lila szövetek, a termések és a levelek esetében szektorosan is kialakulhatnak, ezzel élesen elkülönülő liluló és nem liluló régiókat kialakítva egy termésen belül. Kutatásunk céljából éppen ezért azt tűztük ki, hogy megvizsgáljuk egy termés különböző színű szektorain belül az antocianin bioszintetikus útvonalban szerepet játszó gének expresszióját, az egyes szektorok DNS-ének, és a retrotranszpozon egy génjének metilációs mintázatát és megmérjük a pigmentált és nem pigmentált régiók egyes beltartalmi mutatóit.

Anyag és módszer

Az általunk vizsgált növényanyag a 'Kaldom' × 'Black Pearl' paprikák keresztezéséből létrehozott F₂ hasadó nemzedékből származik. A második generációban előforduló terméseiben szektoros elszíneződést mutató genotípusok (49 és 184 jelűek) bogyóin végeztük el vizsgálatainkat. Az expressziós és metiláltságbeli eltérések vizsgálata szempontjából fontos volt, hogy a vizsgálandó anyag antocianint tartalmazó, illetve antocianinoktól mentes régiói egy és ugyanazon növény ugyanazon terméséből származzanak, mert így kizárhatók az esetleges genetikai különbségek. Az egy termésből származó szektorokat így teljesen azonos érési fázisban tudtuk vizsgálni, ami fontos az összehasonlíthatóság szempontjából.

Az analitikai méréseken belül sor került antioxidáns kapacitás (Ferric Reducing Ability of Plasma - FRAP), Totál Polifenol tartalom (TPC), valamint Totál Monomer Antocianin (TMA) tartalom meghatározására. A növényanyagunkból csak a terméscsészét használtuk fel, melyekből a méréseket megelőzően eltávolítottuk az ereket és a magokat, majd folyékony nitrogén és mozsár segítségével eldörzsöltük, homogenizáltuk őket.

A metilációs mintázat vizsgálatát kétféle megközelítéses MSAP módszerrel végeztük el. Vizsgáltuk az összemetilációs mintázatot és a LINE-1 retrotranszpozon 3'UTR régiójának metilációs mintázatát. A mintaelőkészítéshez első lépésként a növényanyagból DNS-t izoláltunk a MACHERY NAGEL Nucleospin Plant II protokoll S1 „genomic DNA from plant” kit segítségével. A már előkészített mennyiségi és minőségi ellenőrzésen átesett DNS mintákat EpiJET™ DNA Methylation Analysis Kit (*MspI/HpaII*) segítségével emésztettük (Thermo Scientific), majd rövid hőkezeléssel inaktívtuk a reakciót. A kiértékelést qPCR-rel végeztük, PowerUp™ SYBR™ Green Master Mix használatával (Thermo Scientific). A másik megközelítés esetében *EcoRI* enzimmel is emésztettük a mintáinkat. Az emésztett DNS végekre adaptereket ligáltunk az T4 Ligase Master Mix (Anza) protokollja szerint, majd az adapterekre tervezett primerekkel preszelektív PCR-t végeztünk, a kapott termék hígítása szolgált a szelektív PCR alapjául, melyhez 36 primerkombinációt alkalmaztunk.

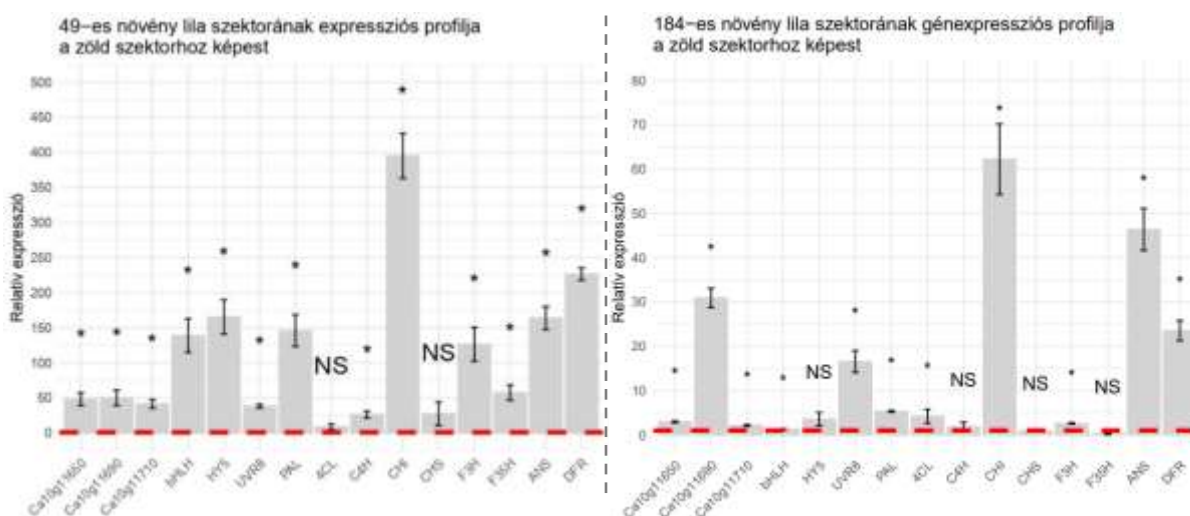
Eredmények

A metilációs mintázat kiértékelése során több olyan eltérést tapasztaltunk, amely a lila és a zöld szektorok közti metiláltságbeli változásokra utalnak. Ezek közül legnagyobb számban olyan eltéréseket detektáltunk, amelyek esetén a lila szektor adott szakasza nincs metilálva, addig ugyanezen szakasz a zöld szektorokban igen.

Hasonló képet mutatott a retrotranszpozon retrotranszpozáz génjének 3'UTR régiójának metilációs mintázata is, amely a zöld szektorokban nagyobb arányban volt metilálva. Irodalmi adatok szerint, az egyes gének metiláltsága az antocianin bioszintézissel pozitív kapcsolatban van, ami a termésen belüli lila elszíneződést kialakíthatja. *Sicilia és munkatársai* (2020) arra a következtetésre jutottak, hogy a promóterek metiláltsága az antocianinban gazdag régiókban szerepet játszhat az antocianin bioszintézis útvonal beindításában, amíg a metiláció magas szintje ezt éppen blokkolja a nem pigmentált régiókban.

A génexpressziós vizsgálatokban a korai (*CHI*, *CHS*, *F3H*) és a kései (*F3'5'H*, *DFR*, *ANS*) struktúrgéneknek, a különböző transzkripciós faktorokat kódoló szabályozó géneknek (*Ca10g11650*, *Ca10g11690*, *Ca10g11710*, *bHLH*), a fenilpropanoid útvonal enzimeit kódoló géneknek (*PAL*, *4CL*, *C4H*), valamint a két fényérzékeny fehérjét kódoló géneknek (*UVR8*, *HY5*) az expressziójának elemzésére került sor. Az említett gének általánosan a lila szektorokban expresszáltak erőteljesebben, de kiugró értékeket is tapasztaltunk (1. ábra).

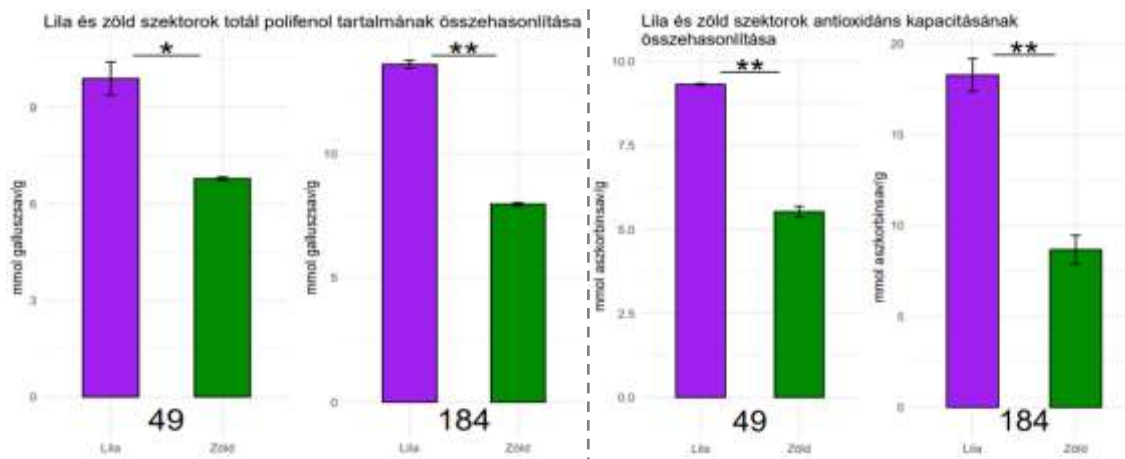
1. ábra A 49-es és a 184-es genotípusok génexpressziós mintázata, a *-gal jelölt oszlopok szignifikánsan különböznek $p < 0,05$ megbízhatósági szinten az NS-el jelölt oszlopok a nem szignifikáns eltérést jelzik



Általánosságban elmondható, hogy nem csak a kései struktúrgének és a transzkripciós faktorok, de a korai struktúrgének többsége is szignifikánsan magasabb szinten expresszált a lila szektorokban a zöldekhez képest. A fényérzékeny fehérjék expressziója a lila szektorokban *HY5* esetén trendszerűen magasabb volt, de csak az egyik genotípus esetén tért el szignifikánsan a zöld szektorhoz képest. Az *UVR8* expressziója ezzel ellentétben mindkét genotípus esetén szignifikánsan magasabb mértékben expresszált a lila szektorokban.

Az analitikai mérések az antocianin-tartalmat, a polifenol-tartalmat és az antioxidáns kapacitást foglalták magukba, ugyanazon genotípusok eltérő színű szektorait vizsgálva (2. ábra).

2. ábra TPC és FRAP a 49-es és a 184-es egyedek különböző színű szektoraiban, szignifikancia szintek jelölése; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$



Összességében jól látható, hogy a lila színezetű szektorokban jelentősen magasabb volt a biológiailag aktív vegyületek mennyisége, melyek stresszvédő szerepük révén, mind maguknak a növényeknek, egészségvédő szerepük révén pedig mind az azokat fogyasztó szervezetek számára hasznosak lehetnek. A metilációs és génexpressziós vizsgálatok hozzásegíthetnek minket az antocianin bioszintézis genetikai hátterének minél jobb megértéséhez.

Irodalom

- Aza-González, C., Núñez-Paleniús, H. G., & Ochoa-Alejo, N. (2017): Molecular Biology of Chili Pepper Anthocyanin Biosynthesis. *Journal of the Mexican Chemical Society*, **56**(1). <https://doi.org/10.29356/jmcs.v56i1.281>
- Dhar M. K., Sharma R., Koul A., Kaul S. (2015): Development of fruit color in *Solanaceae*: a story of two biosynthetic pathways. *Brief. Func. Genomics* **14**, 199–212. 10.1093/bfpg/elu018
- Finnegan, E.J., Peacock, W.J., Dennis, E.S.(2000): DNA methylation, a key regulator of plant development and other processes. — *Curr. Opin. Genet. Dev.* **10**, 217–223.
- Gonzali, S., Mazzucato, A., & Perata, P. (2009). Purple as a tomato: Towards high anthocyanin tomatoes. *Trends in Plant Science*, **14**(5), 237–241. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.02.001>
- Hafiz, I., Anjum, M., Grewal, A., Chaudhary, G. (2001): DNA methylation – an essential mechanism in plant molecular biology. - *Acta physiol. plant.* **23**, 491-499.
- Jung, S., Venkatesh, J., Kang, M.-Y., Kwon, J.-K., & Kang, B.-C. (2019): A non-LTR retrotransposon activates anthocyanin biosynthesis by regulating a MYB transcription factor in *Capsicum annuum*. *Plant Science*, **287**, 110181. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110181>
- Lightbourn G. J., Stommel J. R., Griesbach R. J. (2007): Epistatic interactions influencing anthocyanin gene expression in *Capsicum annuum*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **132**, 824–829. <http://journal.ashspublications.org/content/132/6/824.abstract>
- Ohno, S., Ueno, M., Doi, M. (2020): Differences in the CaMYBA genome between anthocyanin-pigmented cultivars and non-pigmented cultivars in pepper (*Capsicum annuum*). *The Horticulture Journal* **89**, 30–36.
- Ou B., D. Huang, M. Hampschwoodwill, T.A. Flanagan, E.K. (2002): Deemer Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity and FRAP assays: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 3122–3128.
- Paran, I., Fallik, E. (2011): Breeding for fruit quality in pepper (*Capsicum* spp.). In: *M.A.Jenks, P.J. Bebeli (szerk) Breeding for fruit quality*. Wiley-Blackwell, Chichester, UK. 307–322 p.
- Sicilia, A., Scialò, E., Puglisi, I., and Lo Piero, A. (2020): Anthocyanin biosynthesis and DNA methylation dynamics in sweet orange fruit [*Citrus sinensis* L. (Osbeck)] under cold stress.
- Zhang H.; Lang Z.; Zhu J. K. (2018): Dynamics and function of DNA methylation in plants. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, **19**(8), 489–506. 10.1038/s41580-018-0016-z.

TTI ÉS FRX PAPRIKA MUTÁNSOK SZÁRKEMÉNYSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

PÁPAI BÁNK¹, KOVÁCS ZSÓFIA¹, KHIN NYEIN CHAN¹, KOVÁCSNÉ-WÉBER MÁRIA²,
CSILLÉRY GÁBOR³, SZAMOSI CSABA⁴, TÍMÁR ZOLTÁN⁵, VERES ANIKÓ¹ ÉS SZÓKE ANTAL¹

¹MATE Genetika és Biotechnológia Intézet, Genetika és Genomika Tanszék, Gödöllő

²MATE Állattenyésztési Tudományok Intézet, Állattenyésztés-technológiai és Állatjólleti Tanszék,
Gödöllő

³PepGen Kft., Budapest

⁴Orosco Kft., Orosháza

⁵Univer-Product Zrt., Kecskemét

Abnormális szárnövekedésű paprika mutánsokat vizsgáltunk annak meghatározására, hogy esetlegesen alkalmazhatóak lennének-e különböző típusú termesztési módokban. A száruk keménységét mechanikai töréstartással vizsgáltuk, amely során meghatároztuk egy kereskedelmi forgalomban is kapható paprikafajta értékeit, majd hozzá viszonyítottuk a mutánsokat. Igazoltuk, hogy a mutánsok szárának keménysége elmaradt a kontroll fajtáétól. A pontosan meghatározott mért értékekből következtethetünk a növények teherbírására, hogy mennyi termést lehetnek képesek elbírní. A kapott értékeket összevetettük a száruk lignintartalmával is, amiről bizonyított, hogy elengedhetetlen szerepet játszik a szár szilárdságának kialakításában. Az *frx* mutáns esetében a lignin mennyisége minden régióban kevesebb volt a kontrollnál, így valószínűsítjük, hogy az alacsonyabb lignintartalom lehet felelős a törékeny fenotípus kialakításáért. A *tii* mutánsok esetében viszont nem tudtunk szignifikáns különbséget detektálni a kontrollhoz képest. Ám mivel a lignintartalmat tömegre határoztuk meg, ezért lehetséges, hogy a *tii* mutáns esetében ugyanaz a ligninmennyiség egy megnyúlt szerkezetben oszlik el, ami egy átfogóbb értékelést igényel.

Kulcsszavak: paprika, mutáns, lignin, szárkeménység, terhelhetőség

EVALUATION OF THE STEM RIGIDITY OF *TTI* AND *FRX* MUTANTS

B. PÁPAI¹, ZS. KOVÁCS¹, K. NYEIN CHAN¹, M. KOVÁCSNÉ-WÉBER², G. CSILLÉRY³, CS. SZAMOSI⁴, Z.
TÍMÁR⁵, A. VERES¹, A. SZÓKE¹

¹MATE Institute of Genetics and Biotechnology, Department of Genetics and Genomics, Gödöllő

²MATE Institute of Animal Sciences, Department of Animal Husbandry & Animal Welfare, Gödöllő

³PepGen Ltd., Budapest

⁴Orosco Ltd., Orosháza,

⁵Univer-Product Plc., Kecskemét

We investigated abnormal stem growth pepper mutants to determine if they could potentially be used in different types of cultivation methods. We examined the stem hardness through mechanical breakage tests, where we determined the values for a commercially available pepper variety and compared them to the mutants. We confirmed that the mutants' stem hardness is less than that of the control variety. Still, from the precisely determined values, we can infer about the plants' load-bearing capacity, indicating how much yield they might be capable of supporting. We also compared the obtained values with the stem lignin content, which was proven to be essential in determining stem strength. For the *frx* mutant, we reported the expected result of obtaining lower values than the control in all regions, suggesting that the lower lignin content may be responsible for the brittle phenotype. However, for the *tii* mutants, we couldn't detect significant differences compared to the control. Nevertheless, since lignin content is determined by weight, the same amount of lignin in the *tii* mutants may be distributed within an elongated structure, which requires a more comprehensive evaluation.

Key words: pepper, mutant, lignin, stem rigidity, capacity

Bevezetés

Élelmiszer előállítás szempontjából a kertészeti termesztés a magyar mezőgazdaság egyik legkiemelkedőbb jelentőséggel bíró ágazata. A zöldségtermesztés és a népség ellátásának szempontjából elengedhetetlen, hogy megfelelő mennyiségű és minőségű termék kerüljön a piacra. A mutáns vonalak nemesítésbe vonása már régóta bevett gyakorlat, általuk olyan új tulajdonságok kerülhetnek a termesztésbe, amely valamilyen fokozott agronómiai, vagy minőségi mutatóval rendelkeznek.

A növények szárának keménysége több tényezőtől adódik össze. Meghatározó a növényi rostok szerkezete és elhelyezkedése, a szár víztartalma és az ebből adódó turgornyomás, a cellulóztartalom és természetesen a lignin. A lignin egy olyan összetett polimer, ami segít a környezethez való alkalmazkodásban úgy, hogy felelős az abiotikus stresszel szembeni ellenállóságban, a víztranszport folyamatokban, valamint a növény fejlődéséhez szükséges támaszték kialakításában. Hiánya abnormális szárnövekedéshez és fejlődésbeli lemaradáshoz vezethet. Számos kutatás során írtak már le és vizsgáltak ligninhiányos növényeket, amelyek könnyebben megdőltek, illetve törékenyebbek voltak az átlagosnál.

A szár keménységének vizsgálatával nem csak arról kapunk információt, hogy milyen ellenálló képességgel rendelkeznek a növények, de a számszerűsített adatokból következtethetünk a növények teherbírására, hogy egy intenzív termesztés esetén mennyi termést képesek elbírní a növények, valamint alkalmazhatóak-e egy alternatív termesztési mód során.

Anyag és módszer

Kísérletünkbe két mutáns vonalat vontunk be, a *tti* (tortuous internodi), illetve az *frx* (fragile plant) növényeket (Csilléry 2021, Erős-Honti és Csilléry 2016). Mindkettő vonal Csilléry Gábor mutánsgyűjteményéből származik (PepGen Kft.). A magok vetése után a növényeket üvegházban neveltük a MATE Genetika Intézetének kísérleti terén. Kontroll a 'Garai fehér' volt.

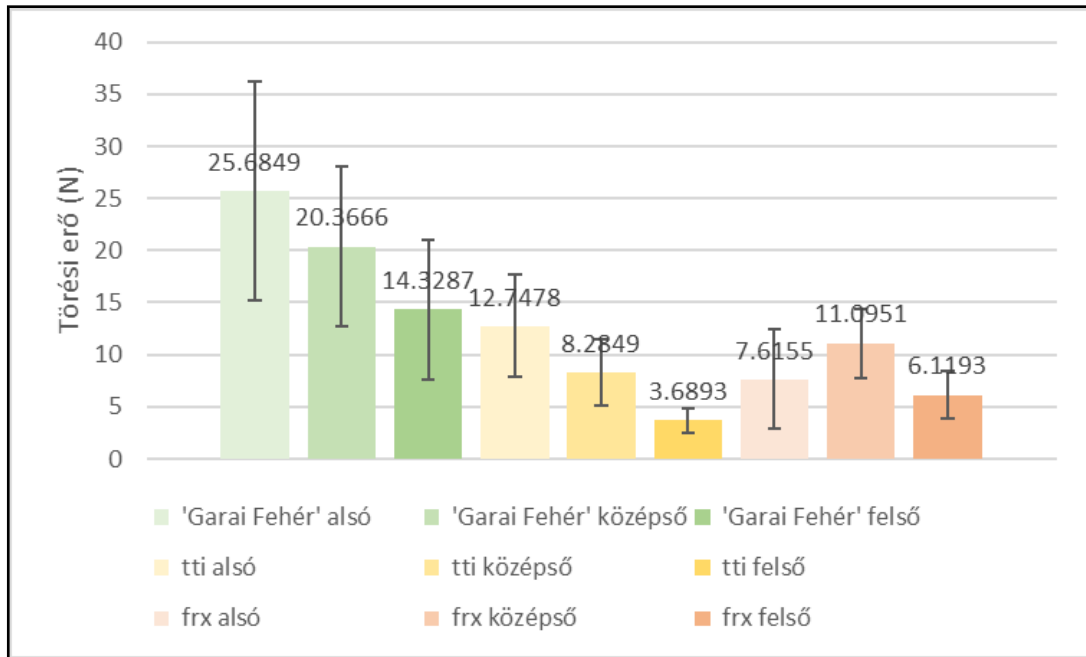
A teljesen kifejlett növények szárait a levelektől megtisztítottuk, majd kiválogattuk, hogy semmilyen mechanikai károsodás, valamint kórokozó nyoma ne legyen látható rajtuk. A növények szárait három régióra osztottuk, egy gyökérhez közeli, egy a szár közepén lévő, valamint egy csúcsi részre. Ezekből a régiókból egyforma hosszúságú szegmenseket (8 cm) vágunk, majd az így alkotott szárdarabokat az internódiumok közepén mechanikailag törtük egy TA.XTplusC (Stable Micro Systems) textúra analízáló gép segítségével. Az eredményeket N erőben adjuk meg.

A lignintartalom meghatározásához a tört száratat liofilizáltuk. Az így kiszárított mintákból fehérjementes sejtfal kivonatot készítettünk, majd az acetil-bromidos módszer (Moreira-Vilar et al. 2014) alapján spektrofotometriásan meghatároztuk a pontos értékeket. Az eredményeket g/mg szárazanyag mennyiségben adjuk meg.

Eredmények

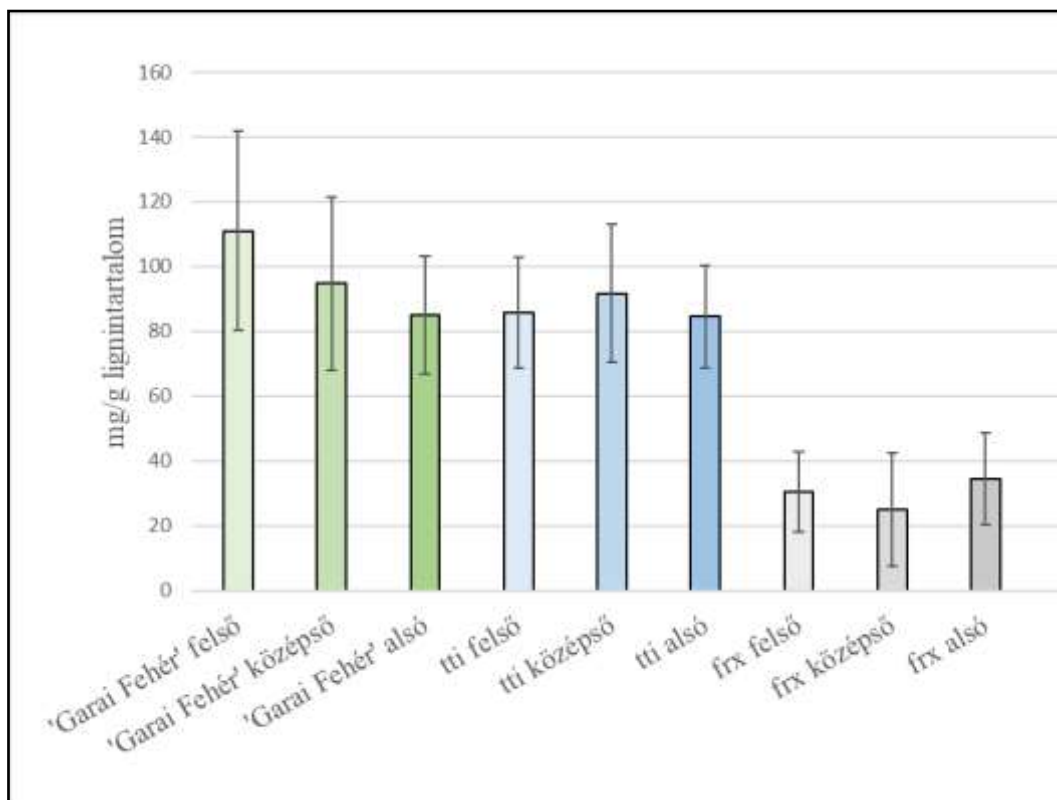
A növények különböző szárrégióiban mért törési értékek (N) meghatározása során jelentős különbségeket mutattunk ki. Az *frx* mutánsok esetében az alsó régióban mért törési erő mérései $7,62 \pm 1,51$ N átlagértéket mutattak, a középső régióban $11,10 \pm 1,06$ N volt, míg a felső régióban $6,12 \pm 0,73$ N az átlagérték. A kontroll genotípus, a 'Garai Fehér' esetében a törési átlagérték $25,68 \pm 3,33$ N mutatott a szár alsó régióban, $20,37 \pm 2,42$ N erőt a középső régióban, és $14,33 \pm 2,11$ N erőt a felső régióban. A *tti* mutánsok esetében a töréshez szükséges erőt $12,75 \pm 1,56$ N mértékben határoztuk meg az alsó régióban, $8,28 \pm 1,00$ N értékben a középső régióban, és $3,69 \pm 0,38$ N értékben a felső régióban. Az eredményeket az 1. ábra mutatja.

1. ábra A különböző mutánsok és a kontroll szártörési értékei a három régióra bontva



A kontroll növényeket vizsgálva megfigyelhető, hogy a növény szárának legalsó részében a legmagasabb a töréshez szükséges erő mértéke, majd a szár teteje felé haladva ez az érték fokozatosan csökken. Hasonló tendenciát tapasztaltunk a *tti* mutánsok esetében is. Az *frx* mutánsok esetében viszont egészen eltérő az eredmény. Azt is érdemes megemlíteni, hogy az *frx* mutánsok esetében bár a törési erő nem minden esetben sokkal alacsonyabb, ennek ellenére a törés szinte mindig azonnal bekövetkezett, teljesen sima törési felszínt hagyva.

2. ábra A különböző mutánsok és a kontroll lignintartalom értékei a három régióra bontva



A lignintartalom mérése során is tapasztaltunk különbségeket a mutánsok között. A *tti* mutáns esetében, annak ellenére, hogy szártörési értékük között volt különbség, a lignintartalom a kontrollhoz hasonló eredményt mutatott, így célszerű figyelembe venni a növény magasságát és internódium hosszát a későbbi elemzésekben. Mivel a lignintartalmat tömegre tudjuk meghatározni, lehetséges, hogy a *tti* mutáns esetében ugyanaz a tömeg egy megnyúlt szerkezetben oszlik el, ami egy átfogóbb értékelést igényel. Az *frx* mutáns törési erejének meghatározása során alacsonyabb lignintartalomra számítottuk, ami összhangban állt a mutáns jellegzetesen könnyű szártörésével, ezt a mérésekkel is sikerült igazolni. Ám fontos megemlíteni, hogy a szár keménységét nem csak a lignin, hanem más összetevők is befolyásolják a másodlagos sejtfalon belül, így mindenképpen érdemes folytatni a kutatást. A lignintartalom értékeit a 2. ábra foglalja össze.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-23-3-II-MATE-33. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalom

- Csilléry G. (2021): Alkalmasak-e a *tti* és a *pcx* mutánsok a döntött szárú paprikatermesztésre? In: Karsai I., Bóna L., Veisz O., Polgár Zs., Mihály R., Balla K. (szerk.) XXVII. Növénynevelési Tudományos Napok: Összefoglaló kötet. ELKH Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár. 47.
- Erős-Honti, Z., Csilléry, G. (2016): Morphological and anatomical characterisation of the fragile plant-*frx* pepper mutant. In Proceedings of XVIth EUCARPIA Capsicum and Eggplant Working Group Meeting in memoriam Dr. Alain Palloix, 12-14 September 2016, Kecskemét, Hungary Diamond Congress Ltd. 415–419.
- Moreira-Vilar, F.C., Siqueira-Soares, R.D.C., Finger-Teixeira, A., Oliveira, D.M.D., Ferro, A.P., da Rocha, G.J., ...Ferrarese-Filho, O. (2014): The acetyl bromide method is faster, simpler and presents best recovery of lignin in different herbaceous tissues than Klason and thioglycolic acid methods. *PLoS ONE*, **9(10)**, e110000.

KENYÉRBÚZA FŐ CIRKADIÁN GÉNJEINEK MOLEKULÁRIS GENETIKAI VIZSGÁLATA

Horváth D. Ádám¹, Kiss Tibor^{1,2}, Balla Krisztina¹, Cseh András¹, Berki Zita¹, Horváth Ádám¹, Kalapos Balázs¹, Karsai Ildikó¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Kutatási és Fejlesztési Központ, Élelmiszertudományi és Borászati Tudásközpont, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Eger

A cirkadián ritmus egy belső szabályozási mechanizmus (autonóm oszcillátor), amellyel a növények összehangolják a belső biológiai folyamataikat a külső környezet napi szinten mutató hőmérséklet- és fényviszony változásaival. Emellett még részt vesz a fotoszintézis, a cukorszintézis, illetve a biotikus és abiotikus stresszfolyamatok szabályozásában is. A növényi cirkadián ritmus szabályozási mechanizmusát már jelentős mértékben feltárták *Arabidopsis* fajban (lúdfű) és számos homológ gént írtak le búzában is, azonban ezek közül még csak keveset tanulmányoztak tőzesebben.

Ezért vizsgálataink során célul tűztük ki, hogy (1) kontrollált körülmények között részletesebben megvizsgáljuk 3 eltérő egyedfejlődési dinamikát mutató őszi búzafajta ('Mv-Toborzó', 'Tommi' és 'Charger') fő cirkadián ritmust meghatározó géneinek (*CCA1*, *PRR95*, *TOC1*, *LUX*, és *ELF3*) napi szinten megmutató expressziós mintázatait a hőmérséklet vonatkozásában, hosszúnappalos (16 óra) megvilágítást alkalmazva. Továbbá (2) a génextpressziós vizsgálatokkal párhuzamosan *in silico* kutatásokat is végzünk online adatbázis segítségével (<https://plants.ensembl.org>), amely során először a *CCA1* gén szerkezeti elemzését és összehasonlítását készítettük el a CLC Genomics Workbench 3.6.5 programmal, illetve filogenetikai törzsfákat is szerkesztettünk a MEGA11 program felhasználásával.

A cirkadián génextpressziós eredményeivel kapcsolatban elmondható, hogy kezeléstől és fajtától függetlenül határozott napi aktivitással rendelkeznek. A korai kalászos fajta ('Mv-Toborzó') esetében a *CCA1* és a *TOC1* gének kifejeződésének csúcserőke közel kétszeresére emelkedett. Míg ez a szignifikáns szintű változás a *CCA1* gén vonatkozásában 18°C-os kezelés hatására következett be, addig a *TOC1* gén esetében üvegházi körülmények között (14-18°C). A *LUX* gén esetében a késői kalászos fajták ('Tommi' és 'Charger') 18°C-on közel háromszoros génextpressziós maximumértékekkel rendelkeztek. A vizsgálatba vont három búzafajta közül az 'Mv Toborzó' és a 'Charger' *PRR95* génjének aktivitása kétszeresére emelkedett a 18°C-os kezelés hatására, míg a 'Tommi' esetében ez a különbség háromszoros volt. A korai fajta *ELF3* génjének napi átlagos kifejeződése az üvegházi kezelés során közel kétszeresére, míg 18°C-on már öt-tízszerezére emelkedett a késői fajtákkal szemben.

Az *Arabidopsis CCA1* génjének szerkezeti összehasonlító elemzése során nagyfokú különbségeket állapítottunk meg búza (*T. aestivum*, 'Chinese Spring' 7A, 7B és 7D) és árpa (*Hordeum vulgare*, *subsp. vulgare* 'Morex' 7H) ortológ géneivel szemben. A vizsgált fehérje kódoló alegységek intron 3 szakaszának hossza a gén teljes szerkezetéhez képest a búza és az árpa vonatkozásában többszörös növekedést eredményezett a lúdfű ugyenezen régiójához képest. Ez a nagyméretű inszerció a búzában 3300-3600 bp, míg az árpában 1913 bp hosszúságú, ugyanakkor a lúdfű intron 3 régiója csupán 479 bp volt.

A kutatásainkat az NKFIH-FK-134234-es számú pályázat és a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00396/21/4) támogatta.

AZ *RHT-B1B* ÉS *RHT-D1B* TÖRPESÉG ALLÉLOKAT HORDOZÓ KENYÉRBÚZÁK AZ ÉGHAJLATI VÁLTOZÁS TÜKRÉBEN

Sepsi Adél¹, Lenykó-Thegze Andrea¹, Makai Diána¹, Szabados Fanni^{1,2}, Mihók Edit¹, Cseh András¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²MATE Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő

Az *Rht-B1b* és *Rht-D1b* törpeség allélok hordozó búzafajták megjelenése és elterjesztése az 1950-es évektől kezdve jelentős termésnövekedést eredményezett világszerte, elindítva a 'Zöld Forradalom'-ként ismert mezőgazdasági fejlődést. A szárnövekedést csökkentő (*reduced height, Rht*), termésművelő allélok napjainkban is széleskörűen használják a bőtermő búzafajták nemesítése során. Előnyös hatásai elengedhetetlenek a jövő nemesítői számára is a robbanásszerűen növekvő népesség élelmszerbiztonságának fenntartásához. Nem ismert azonban hogyan hatnak a törpeség allélok a búza termékenységre a globális felmelegedés okozta klimatikus viszonyok mellett. Míg a búza korai generatív fejlődéséhez a 20°C körüli hőmérséklet optimális, az évszaknak megfelelő napi maximális hőmérséklet 2050-re meghaladhatja a 30°C-os küszöbértéket.

A jelen kutatás célja volt a korai generatív stádiumban bekövetkező rövid ideig tartó (24h) magas hőmérsékleti stressz (30 °C) hatásának vizsgálata az *Rht-B1b* vagy *Rht-D1b* allélok hordozó búzavonalak termékenységre és az ivarsejteket kialakító meiotikus sejtosztódásra.

A megemelkedett hőmérséklet az *Rht-B1b* és *Rht-D1b* búzák főkalászában jelentős termésvesztést okozott, nagyobb, mint a magasabb, vad allélt hordozó vonalak esetében. Eredményeink igazolták, hogy a termékenység csökkenését a meiotikus kromoszómapárosodás során kialakuló szinaptonémás komplex rendellenességei, a homológ rekombináció csökkenése és a kromoszómák hibás szegregációjának gyakoribbá válása okozhatták. Ugyanakkor az *Rht-B1b* és *Rht-D1b* mutánsok meiotikus hibákat mutattak optimális hőmérsékleten is, és érzékenyebben reagáltak a magas hőmérsékletre, mint magas társaik. Eredményeink azt mutatják, hogy alternatív törpeség allélok azonosítása és bevezetése a modern nemesítési programokba elengedhetetlen a magas hőmérsékletnek ellenálló búzafajták előállításához.

Kutatásainkat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (TKP2021-NKTA) és a Nemzeti Laboratóriumok Program (RRF-2.3.1-21-2022-00007) támogatta. Cs. A. köszöni a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00416/23/4) támogatását.

ZÖLDBORSÓ FAJTÁK SZÁRAZSÁGSTRESSZ-REAKCIÓI – NEMESÍTÉSI LEHETŐSÉGEK

Nemeskéri Eszter

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Gödöllő

A szárazságtűrésre nemesítésben központi szerepet kap a genotípusok alkalmazkodó képességének tesztelése, azonban a növények fejlődésük alatt eltérő mértékben érzékenyek a szárazságra. A borsó fejlődésére 25 °C alatti hőmérséklet a kedvező, de ettől magasabb hőmérsékleten a fejlődési üteme felgyorsul, a vízhiány és magas hőmérséklet virághullást, rossz termékenyülést okoz. A konzerv és hűtőipari felhasználásra a zöldborsófajták öntözött körülmények alatt, míg az étkezési száraz borsók öntözés nélkül történik. A hazai zöldborsó területek nagysága az utóbbi 10 évben 12-22 ezer hektár között ingadozott, az étkezési szárazborsót 2018-ig közel 19 ezer hektáron termesztették. A termesztési körülményektől függetlenül, az időjárási tényezők változása a termésátlagok ingadozását okozták; zöldborsó termésátlag 3,6-6,1 t/ha, a száraz borsó termésátlag 1,7-2,7 t/ha között ingadozott.

A szárazság időtartama, súlyossága szerint változik a genotípusok, fajták reakciója. Talajvízhiányban a gyökér fejlődése gátolt, csökken a gumók mérete, aktivitása, rövidülnek a szártagok, csökken a növények magassága. Hosszabb ideig tartó szárazságban a sztómák záródásával csökken a transzspiráció, csökken a levelek klorofill tartalma, a fotoszintézis intenzitása, és a védekezési mechanizmusban emelkedik az ozmotikus vegyületek, antioxidánsok mennyisége. Lerövidül a virágzás időtartama, csökken a hüvelyek és abban a magvak száma és a termés mennyisége, és a minőségben romlás következik be.

A borsóban a szárazságtűrés növelésére a hagyományos nemesítési módszerek, kiegészítve korszerű nemesítési módszerekkel sikeres lehet és lerövidülhet a nemesítés ideje. Molekuláris nemesítés kutatások központjában a szárazságtűrésben résztvevő tulajdonságok feltárása áll, míg az „omics” nemesítésben a cél a genom és jelenség elemzése. A szárazságtűrés egy komplex, több gén által szabályozott tulajdonság, amely megnyilvánulása különböző fejlődési szakaszokban környezeti tényezőktől függően eltérő lehet. A szántóföldön precíziós eszközökkel, sérülésmentesen, nyomon követhető a növények növekedése, fejlődése, stresszre adott válasza, következtetni lehet az élettani változásokra, és a várható termésre. A fotoszintézissel és a vízfogyasztással összefüggő tulajdonságok, mint stressz indikátorok (sztóma rezisztencia, SPAD, NDVI) jelezik a genotípusok stressztolerancia szintjét. Korábbi kutatásaink kimutatták, hogy zöldborsó virágzása alatt a hőmérséklet és vízellátás jelentősen befolyásolja a sztómarezisztenciát, de kevésbé a relatív klorofill tartalmat (SPAD) és a normalizált vegetációs index (NDVI) nagyságát. Az eltérő érésű fajták stressz reakciója súlyos és mérsékelt vízhiányban különbözött. Virágzás alatt magas hőmérsékleten (29 °C) csapadékhiányban, deficités öntözést ellenére is magas (4,89-7,26 s/cm) a sztóma rezisztencia, de alacsonyabb (21 °C) hőmérsékleten 38 mm csapadék mellett és deficités öntözést alkalmazva, közel azonos, átlagosan 2,86-2,74 s/cm volt. Alacsony hőmérséklet, jó vízellátás hatására a sztómarezisztencia alacsony, nem haladja meg az 1,5 s/cm értéket. Öntözés nélkül, a zöldborsó virágzása alatt, a fajták között a SPAD értéke különbözött (40-61,9) azonban az NDVI értéke nem (0,74-0,76) és öntözés hatására jelentősen nem változtak. Súlyos szárazságban, virágzás alatt a sztómarezisztencia, SPAD és NDVI szoros korrelációt mutatott a termésrel és a vízfogyasztással, de mérsékelt vízhiányban a kapcsolat erőssége az eltérő érésű fajtáknál változó. Mérsékelt vízstressz alatt, a közép és kései érésű fajták virágzása alatt a sztómarezisztencia meghatározó a potenciális termésre ($r = 0,6175$) és felhasználható genotípusok korai szelekciójára.

A REDOX SZABÁLYOZÁS SZEREPE A BÚZAKALLUSZOK ANYAGCSERÉJÉBEN ÉS HAJTÁS-REGENERÁCIÓJÁBAN

Kulman Kitti^{1,2}, Jobbágy Kristóf^{1,3}, Szalai Gabriella¹, Benczúr Kinga¹, Radomíra Vanková⁴, Kocsy Gábor¹

¹ HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²MATE, Növénytudományi Doktori Iskola, Gödöllő

³ELTE, Biológia Doktori Iskola, Budapest

⁴ASCR, Kísérleti Növénytan Intézet, Prága, Cseh Köztársaság

A növényeket életük során különböző stresszhatások érik, amelyek jelentősen megnövelik a reaktív oxigénformák (ROS) szintjét és felborítják a redox egyensúlyt. A normális anyagcsere fenntartásához elengedhetetlen a megfelelő redox szabályozás. Kutatásunk célja az anyagcsere és a hajtás-regeneráció redox kontrolljának a vizsgálata volt búzakalluszokban.

Kísérleteinkhez búza (*Triticum aestivum* L, cv. Chinese Spring) kalluszkultúrákat használtunk, melyek éretlen embriókból történő kialakulását hormonkezeléssel idéztük elő. A kalluszokat 0, 10, 20 és 40 mM-os aszkorbáttal (Asc) és hidrogén-peroxiddal (H₂O₂) kezeltük 1 héten keresztül. A kezelést követően a kalluszok feléből mintát vettünk és megvizsgáltuk, hogyan változott a hormonszint (LC/MS, UHPLC) az anyagcsere-termékek mennyisége (GC-MS), az egyes redox szabályozásban résztvevő gének expressziója (qPCR), az antioxidáns enzimek aktivitása (spektrofotométer), valamint a glutation és egyéb tiolok mennyisége (HPLC). A kalluszok másik fele a kezelést követően átmeneti, majd regenerációs táptalajra került további két-két hétre. A négy hét letelte után megfigyeltük, hogyan befolyásolta az Asc és H₂O₂ kezelés a kalluszok hajtás-regenerálódását.

A kapott eredményeink alapján elmondható, hogy a kalluszok növekedését és hajtás regenerálódását az Asc és H₂O₂ kezelések kis koncentrációban alkalmazva serkentették. Az összes glutation-tartalom a kis koncentrációjú Asc és H₂O₂ kezeléseknél enyhén, míg nagyobb koncentrációjú kezeléseknél erőteljesebb mértékben csökkent le a kontroll kalluszokhoz képest. Az oxidált/redukált glutation aránya a 20 és 40 mM-os Asc és 40 mM-os H₂O₂ kezelések hatására emelkedett meg jelentős mértékben a kontrollhoz képest. A 10 mM-os Asc-kezelés az aszkorbát-peroxidáz és a glutation-reduktáz aktivitását, a 10 mM-os H₂O₂-kezelés pedig a dehidro-aszkorbát-reduktáz valamint a monodehidro-aszkorbát-reduktáz aktivitását emelte meg. A vizsgált hormonok szintjei megemelkedtek a 10 és a 40 mM-os Asc-kezelések hatására. Összességében elmondható, hogy az Asc és H₂O₂ kezelések módosították a kalluszok redox állapotát, mely az anyagcsere és a hormonszintek változásához, valamint az alkalmazott kisebb koncentrációban a hajtások nagyobb mértékű képződéséhez vezetett.

A kutatómunkát az NKFIH-K131638 és TKP2021-NKTA-06 számú pályázatok támogatták.

AZ ÁRPA MIKROSPOROGENEZISE IDEJÉN HATÓ HŐ-ÉS SZÁRAZSÁGSTRESSZ HATÁSA A TERMÉSELEMEKRE ÉS AZ UTÓDNEMZEDÉK CSÍRÁZÁSÁRA

Babinyec-Czifra Dorina^{1,2}, Emmanuel Asante Jampoh^{1,3}, Jäger Katalin¹

¹ HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

² ELTE, Biológia Doktori Iskola, Kísérletes Növénybiológia Program, Budapest

³ MATE, Kertészettudományi Doktori Iskola, Gödöllő

Magyarországon az őszi árpa egyike a legfontosabb takarmánynövényeknek. A globális felmelegedés hatására egyre gyakrabban tapasztalunk szélsőséges időjárási körülményeket, amelyek fluktuáló terméshozamokat eredményeznek. Ezért fontos az együttes hő- és szárazságstressz-tolerancia biológiai alapjainak feltárása és azok alkalmazása a gyakorlati növénynevelésben.

Kísérletünkben két hatsoros őszi árpafajta ('Balda' és 'Elan') növényeit neveltük fel klímakamrákban a főkalászok mikrospóráinak egysejtmagvas fejlődési állapotáig kontroll körülmények között. Ezután a növények egy részét teljes vízmegvonásnak és az optimálist 10 °C-kal meghaladó (20 °C/30 °C min/max) hőmérsékletnek tettük ki virágzásig (5 nap). A kezelés után a növényeket kontroll körülmények között neveltük fel. A növények másik részét mindvégig kontroll körülmények között neveltük. A teljes érés után megszámoztuk a szemterméseket és meghatároztuk az ezerszemtömeg (ESZT) értékeket. A főkalászból és a mellékkalászból kalászharmadonként (alsó, középső, felső régió) szedett szemeket 2 héten át, sötétben, 8 °C-on csíráztattuk. Végül meghatároztuk a csírázási százalékot, a fejlődő csíragyökerek számát, valamint a száraz csíra- és gyökértömeg értékeket.

A terméselemek felvételezését követően megállapítottuk, hogy a hő- és szárazság (HSZ) kezelés hatására a szemtermések száma fajtától, kalásztípustól és kalászrégiótól függetlenül szignifikánsan csökkent. A csökkenés mértéke, a főkalászok esetén, a 'Balda' genotípus esetében kisebb mértékű volt, ugyanakkor a szemszám csökkenése egyik genotípus esetében sem váltotta ki az ESZT növekedését. A HSZ kezelés a 'Balda' fajta esetén nem volt hatással az ESZT-re, ellenben az 'Elan' fajtánál jelentős mértékben csökkentette azt. A főkalászok és mellékkalászok ESZT értékeit különválasztva azt tapasztaltuk, hogy a 'Balda' főkalászáinak alsó régiójában megemelkedett a kezelés hatására, míg a többi kalászrégióban és a mellékkalásznál nem változott. Ezzel szemben az 'Elan' szemtermések ESZT értéke mindkét kalásztípus és valamennyi régió esetén szignifikánsan csökkent a HSZ hatására.

A HSZ-indukált ESZT csökkenés nem volt hatással az árpa szemtermések csírázóképeségére, tehát az endospermiumban raktározott, kisebb mennyiségű szénhidrát is elégséges volt a csírázási folyamat elindításához. Az ESZT a fő- és mellékkalászok esetében egyaránt szoros korrelációt mutatott a csíranövények, ezen belül a hajtások és csíragyökerek tömegével. A csíragyökerek száma mindkét fajtánál szignifikánsan csökkent a kezelés hatására, ami a mellékkalászból származó szemtermések gyökérszám-csökkenéséből adódott. A stresszérzékeny 'Elan' fajta csíranövényeinek gyökérszáma szignifikánsan elmaradt a HSZ-toleráns 'Balda' fajtától. Mivel a csíragyökerek látják el vízzel és tápanyaggal a fejlődő növényeket a bokrosodásig, ezért számuk csökkenése rontja a fejlődő árpanövények fitnessét és negatív hatással van a bokrosodás mértékére.

A kutatómunkát a KEP-5/2018 és az SZ-3/2023 számú pályázat támogatta.

GÉNMEGŐRZÉS TÁPIÓSZELEN: SZAKMAI LEHETŐSÉGEK ÉS KIHÍVÁSOK

Áy Zoltán, Simon Attila, Baktay Borbála

Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, Tápiószele

A Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ (NBGK) és jogelőd intézményeinek története mintegy 65 évvel ezelőtt kezdődött. Az 1950-es években országos szinten új lendületet nyertek a magyar növénynevelítők, számos új genotípus került fel a nemzeti fajtajegyzékre. Annak érdekében, hogy az akkor elavultnak számító régebbi fajták ne vesszenek el, a nevelítőházaknál fajtagyűjteményes részlegek alakultak. Kormányzati kezdeményezésre dr. Jánossy Andor (1908-1975) vezetésével Tápiószelen 1959-ben létrejött az Agrobotanikai Intézet, amely a génerózió elleni küzdelem jegyében integrálta az országszerte meglévő génforrás gyűjteményeket. Az önálló intézet munkája 871 faj 16596 tételével kezdődött meg. A betárolt növény mennyiség folyamatosan gyarapodott, amihez hozzájárultak a kiterjedt nemzetközi kapcsolatok, valamint a gyűjtőutak is. A kezdetek óta mintegy négyszáz társintézménnyel történt magcsere. A gyűjtemény legnagyobb részét a mai napig a gabonafélék teszik ki, de szép számmal érkeztek ipari növények, zöldségfélék, fűszer- és gyógynövények is. Infrastrukturális fejlesztés keretében 1961-ben üvegház épült a növénykórtani csoport számára, 1971-ben elkészült az első 4 °C-os hűtőház a szakszerű magtárolás érdekében, 1972-ben pedig új épületben minőségvizsgáló és szövettenyésztési laboratóriumok létesültek. Nemcsak a gyűjtés, hanem a közreadás is kezdetektől fogva célja volt az intézménynek. Működése első 10 évében mintegy 5000 magmintát adott ki növénynevelítési célra. Számos szervezeti átalakulás, fenntartóváltás után jelenlegi nevén és formájában 2019 óta működik a magyar génbank, de funkciója és feladatköre lényegében nem változott az idők során. Az intézmény infrastruktúrája az utóbbi tíz évben szinte teljesen megújult, ideértve az ingatlanokat, az erő- és munkagépeket, laboratóriumi eszközöket. A 2010-es években indult Pannon Magbank Projekt keretében a betárolt tételek kiegészültek a vadon élő növényekkel. Kialakításra került az Aggteleki Nemzeti Park területén az Országos Biztonsági Duplikátum Tároló. Megkezdődött a gyümölcsstermő növények génmegőrzése, 2017-ben pedig egy magángyűjtemény átvételével Magyarország második legnagyobb nőszirm génbankja került az intézetbe. Az NBGK a gyűjtemény mennyisége alapján Európa hetedik legnagyobb génbankja, hiszen jelenleg 605 nemzetség 1745 fajának 57381 tételét őrzi. A génmegőrzés mintegy 95%-ban generatív módon, tehát mag formájában történik. A fennmaradó részt a gyümölcsfák, szőlők, *in vitro* fenntartott burgonyák, gumó formájában fenntartott csicsókák és édesburgonyák, valamint a hagymafélék teszik ki. Közvetlen génmegőrzési céllal 19 darab hűtött kamrát működtetünk, közülük három speciális státusszal bír: Országos Bázis Tároló; Pannon Magbank bázistároló; Biztonsági Duplikátum Tároló. A központi telephelyen ritka és idős fás szárú növényállomány található, amely helyi védettséggű arborétumként funkcionál. Intézményünk előzetes bejelentkezés esetén nyitva áll látogató csoportok előtt, évente százas nagyságrendben fogadunk szakmai és laikus látogatókat. A 2019-2023-as időszakban 10136 vetőmagkérést regisztráltunk, amiből ténylegesen 9915-öt teljesítettünk 92100 minta átadásával. A közreadás 97,8%-a a hobbikertészekhez kötődik, és csak a fennmaradó részt adják a gazdálkodók és a kutatóintézetek, ami teljesen ellentéte az európai gyakorlatnak. Kihívást jelent a passport-adatbázis digitalizálása, valamint bővítése molekuláris taxonómiai és analitikai adatokkal. Utóbbi tevékenységet a TKP2021-NKA-03 pályázat, valamint a Horizont Európa program keretében megvalósuló "Promoting a Plant Genetic Resource Community for Europe – ProGrace" projekt (azonosító: 101094738) támogatja.

AZ ERDÉSZETI NYÁRNEMESÍTÉS TÖRTÉNETE, HELYZETE ÉS LEHETSÉGES IRÁNYAI MAGYARORSZÁGON

Benke Attila¹, Cseke Klára¹, Lados Botond Boldizsár¹, Borovics Attila¹, Köbölkuti Zoltán Attila^{1,2}

¹*Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet, Sárvár*

²*Bavarian Office for Forest Genetics, Teisendorf, Germany*

A magyarországi nyárnemesítési kutatások több mint 70 éves múltra tekintenek vissza, és olyan erdész kutató elődök indították e tevékenységet útjára, mint Koltay György és Kopecky Ferenc. Utóbbi kutató munkássága kifejezetten széleskörű volt, és a hagyományos keresztezéses nemesítés mellett kiterjedt poliploidira való nemesítésre, valamint haploid nyárvonalak előállítására is. Az általa végzett keresztezési kísérletek és terepi megfigyelések mutattak rá elsőként arra, hogy a hazai termőhelyi feltételek között az amerikai fekete nyár (*Populus deltoides* W.Bartram ex Marshall) és az európai fekete nyár (*Populus nigra* L.) alkotta hibridek, az úgynevezett euramerikai nyárok (*Populus* × *canadensis* Moench) termesztése végezhető sikeresen. Bár a balzsamos nyárok szekciójába tartozó fajok, elsősorban a nyugati balzsamos nyár (*Populus trichocarpa* Torr. & A.Gray ex Hook.) keresztezési partnerként való alkalmazása évtizedeken keresztül folyt az Erdészeti Tudományos Intézet Nemesítési Osztályának helyt adó Sárvári Kísérleti Állomáson, a fekete nyár hibridek fölénye, illetve maga a keresztezéses nemesítés, mint legfőbb nemesítési módszer, napjainkig megmaradt.

Az ültetvényes, monoklón kultúrában végzett nemesnyár termesztés célja kimondottan ipari jellegű: a lehető legrövidebb vágásforduló alatt minél jobb minőségű faanyag termelése, a fahozam magas szinten tartása mellett. E feltételek, illetve elvárások a nemesnyár fajtákkal szemben olyan igényeket támasztanak, mint a széleskörű termőhely-tolerancia, a gyors növekedés, jó törzsalak, a faanyag könnyű feldolgozhatósága (megfelelő fizikai és mechanikai tulajdonságai), illetve a fafajkör kórokozóival és károsítóival szembeni ellenálló képesség. Amíg azonban egyes tulajdonságok értékelése már az egyedek fiatal korában elvégezhető, néhány tulajdonság vizsgálatára akár egy évtizedet is várni kell a nemesítőknek; emiatt vált az Intézetben kiemelt jelentőségűvé a genetikai markerek segítségével történő szelekciós tevékenység elindítása, amely néhány anatómiai és élettani jelleg esetében már a markerfejlesztés és tesztelés fázisába lépett.

A faanyag mechanikai tulajdonságait, így feldolgozhatóságát nagyban meghatározza a cellulóz mikrorostok másodlagos sejtfalban történő elhelyezkedése, a sejtfal hosszanti tengelyével bezárt szöge. Egy kapcsolódó kutatásunkban eme anatómiai tulajdonság (mikrofibrilla szög) genetikai szabályozási mechanizmusát elemeztük bioinformatikai módszerekkel, külön figyelmet fordítva az átírási folyamatokat gátló mikroRNS-ek szerepének feltárására. A kutatás során több, a mikrofibrilla szög kialakításában részt vevő célgént azonosítanunk, ami kiinduló pontja lehet a tulajdonság fejlesztését célzó molekuláris nemesítési munkáknak. A mechanikai tulajdonságok mellett a faanyag színét meghatározó gesztesedési folyamatok vizsgálata is kiemelt jelentőséget képvisel a hazai nyárnemesítésben. Vizsgálatunk egy, a gesztesedéshez köthető élettani folyamat (fenilpropanoid útvonal) kulcsfehérjéit kódoló DNS szakaszok térképezését célozta. A kutatás eredményeként összesen 25, gesztesedéshez köthető SNP markert tártunk fel, melyek vizsgálata a primertesztelés szakaszában áll.

Kutatásunk részben a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

***Aegilops comosa* GÉNKOMPLEXUMOK KIMUTATÁSA BÚZÁBAN MOLEKULÁRIS CITOGENETIKAI MÓDSZEREKKEL**

Kovács Péter¹, Szakács Éva², Kruppa Klaudia², Türkösi Edina², Ivanizs László², Gaál Eszter², Farkas András², Molnár István²

¹Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növénytudományi Doktori Iskola, Gödöllő

²HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A termesztett hexaploid búza (*Triticum aestivum* L. $2n=6x=42$, BBAADD) terméshozama jelentősen csökken az abiotikus stresszfaktorok (például a szárazság), valamint növényi kórokozók által. A nagymértékű genetikai diverzitással rendelkező kecskebúza (*Aegilops*) fajok fontos génforrásként szolgálhatnak a búza agronómiai tulajdonságainak javítását célzó előnevelési programokban. Az *Aegilops comosa* egy diploid faj (MM, $2n = 2x = 14$). Fő elterjedési területe Albánia, a volt Jugoszlávia, valamint Görögország tengerparti és belföldi területei. Az *Ae. comosa* génforrásként szolgált számos sárgarozsda (*Puccinia striiformis*) rezisztencia gén búzába történt átvitele során, ilyen gén például az *Yr8*. Ezen kívül az *Ae. comosa* számos más kórokozókkal szembeni ellenállásért felelős gének forrása is (szárrozsa, lisztharmat, fonálférges, stb.).

Kísérleteink során a *T. durum* ('GK Novodur') \times *Ae. comosa* (MvGB1039) amfiploidok 'Mv9kr1' hexaploid búzavonallal történt visszakeresztezésből származó BC₂ vonalakat vizsgáltuk. A transzlokációk, addíciók, illetve szubsztitúciók kimutatására molekuláris citogenetikai módszereket alkalmaztunk. Az M- és D-genomi DNS próbákkal végzett genomi *in situ* hibridizáció (GISH) segítségével az *Ae. comosa* és a búza kromoszómái megkülönböztethetőek voltak egymástól. Több utódban is kimutattunk szubsztitúciót, addíciót, valamint terminális transzlokációkat a búza és az *Ae. comosa* kromoszómái között. Az egymást követő GISH és a pSc119.2, a pTa71, valamint az Afa family repetitív DNS próbák segítségével végzett FISH alkalmazásával lehetőség nyílt az *Aegilops* eredetű introgressziók azonosítására a vizsgált kromoszómák specifikus mintázatai alapján.

A citogenetikai vizsgálatok segítségével egy vonalban diszómás állapotú 2M(2D) szubsztitúciót azonosítottunk, egy másik vonalban pedig szintén diszómás 7M(7D) szubsztitúciót figyeltünk meg. Ezen kívül olyan vonalakat is vizsgáltunk, melyekben diszómás 2M addíciót, illetve diszómás 6M addíciót mutattunk ki. A diszómás addíciók mellett monoszómás addíciókat is detektáltunk (2M addíció, 4M addíció, 6M addíció). Továbbá különböző búza-*Ae. comosa* transzlokációk is azonosításra kerültek (diszómás 6MS.6ML-6DL, monoszómás 5DS.5DL-M, 4MS.5DL, 5DS.4ML, stb.).

A vonalak további visszakeresztezésével, illetve öntermékenyítésével kapott utódban folyamatban van további szubsztitúciós, addíciós, illetve transzlokációs vonalak kiválogatása. Ezen kívül az átvitt kromoszóma szegmentumok molekuláris markerekkel történő azonosítását is célul tűztük ki.

Kutatásainkat az NKFIH OTKA K135057 és TKP 2021-NKTA-06 pályázatok támogatásával végeztük.

HAZAI NEMESÍTÉSŰ FEHÉR AKÁC (*Robinia pseudoacacia* L.) FAJTÁK ÉS KLÓNOK VEGETATÍV SZAPORÍTÁSÁNAK ÚJ TAPASZTALATAI MIKROSZAPORÍTÁSSAL ÉS GYÖKÉRDUGVÁNYRÓL

Horváth Sándor¹, Kirilla Zoltán², Papp Viktória¹, Szabó Luca Krisztina², Tóthné Hortó
Annamária³, Kutasi József⁴, Preininger Éva²

¹WOODTECH CAMPUS, Sopron

²Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési
Kutatóközpont, Budapest

^{3,4}Arundo Bioenergy, Budapest

⁴Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Növénytudományi Doktori Iskola, Budapest

A magyar akác-nemesítés az 1950-es években kezdődött, az Erdészeti Tudományos Intézetben (ma Soproni Egyetem ERTI). A nemesítői munka alapvetően olyan fajták előállítására irányult, ahol a törzs hibái (görbeség és villáság) stabilan nem jelennek meg, egyúttal minél nagyobb biomasszát érjen el a fa/állomány. A mézelő képesség is a nemesítői szempontok között volt. A nemesítői munka eredményét az állami erdőgazdaságok vegetatív úton (gyökérdugványokról) fenntartották, és csekély mennyiségben minden évben elérhető volt ezekből a fajtákból csemete az erdőgazdálkodók és kertészek számára.

A MATE KTI Gyümölcsstermesztési Kutatóközpontjának, ill. jogelődeinek mikroszaporító laboratóriuma már évtizedek óta foglalkozik akácfaajták, -fajtajelöltek és szelektált nemesítési vonalak *in vitro* tömegszaporításával. A WOODTECH CAMPUS és a MATE KTI GYKK együttműködésében a meglévő hazai fajták és klónok mikroszaporítással történő felszaporítása új kísérletekkel indult el 2023-ban.

A projekt keretében *in vitro* hajtástenyészeteket létesítettünk 10 genotípusból. Ezek között több olyan is volt, melyek számára a korábban kialakított és eddig eredményesen használt mikroszaporítási módszer nem bizonyult kielégítőnek (erős kalluszképződés a hajtások alapi részén, elégtelen megnyúlás, alacsony szaporodási ráta). A felmerült problémák megoldására optimalizációs kísérleteket indítottunk el, először két kiválasztott fajtaival ('Bácska' és 'KCSA 29'), melyek *in vitro* viselkedése jelentősen eltért egymástól is. Az első kísérletben összehasonlítottunk két, jelentősen eltérő táptalajt: az egyik az eredeti, akác mikroszaporításhoz használt táptalaj, a másik fás *Rosaceae* gyümölcsfajok mikroszaporításánál alkalmazott, az előzőhöz képest sokkal több gibberellinsavat tartalmazó táptalaj. A 'KCSA 29' fajtánál az első eredmények alapján az új táptalajon a kalluszos hajtástömeget tekintve jelentősen nőtt a hajtások aránya a kalluszhoz képest (29%-ról 54%-ra.), a szaporodási ráta, azaz az új hajtások száma (2,6-ről 3,64-re) és az átlagos hajtásmagasság (17,2 mm-ről 39,4 mm-re). A 'Bácska' fajtánál még jelentősebben javult az átlagos hajtásmagasság (13,9 mm-ről 37,9 mm-re), viszont a kallusz aránya a hajtáshoz képest nem változott jelentősen, míg a szaporodási ráta 31%-kal csökkent. Az eddigi eredmények alapján újabb táptalaj-kombinációkat fogunk kipróbálni a kísérletek során, ill. újabb fajtaikat is be fogunk vonni a kísérletekbe.

A mikroszaporított csemetékből erdészeti génbank létesül. Az eredmények alapján új klónok és fajtajelöltek szaporítása is elérhetővé válik.

POLIPLOIDIA ÉS SÓTOLERANCIA ALKALMAZÁSA A MAGASABB BIOMASSZA TERMELÉS ÉRDEKÉBEN ENERGIAFŰZ (*Salix* spp.) NÖVÉNYEKBEN

Zombori Zoltán¹, Nagy Bettina¹, Cseri András¹, Török Szabolcs¹, László Nikolett¹, Jancsó Mihály², Kovács Kornél³, Ferencz Györgyi¹, Gyuricza Csaba⁴, Dudits Dénes¹

¹HUN-REN Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Növénybiológiai Intézet, Szeged

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Öntözési és Vizgazdálkodási Kutatóközpont, Szarvas

³Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Biotechnológiai Tanszék, Szeged

⁴Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet, Agronómia Tanszék, Gödöllő

Az energiafűz rövid vágásfordulójú fás szárú növényként fontos szerepet játszhat az átalakuló energiagazdálkodás modernizálásában, mint megújuló zöld energiaforrás. A különböző fajták biomassa-termelékenysége a növény hajtásszerkezetétől, az oldalszervek méretétől jelentős mértékben függ, amelyekre a genomméretnek nagy hatása van. A korábban - a hónaljrygék kolhicin-kezelésével előállított - autotetraploid *Salix viminalis* vonalakban a megváltozott genom méret ($2n = 4x = 76$) megnövekedett hajtás és gyökérzet biomasszát idézett elő, a növények fotoszintetikus paraméterei kedvezőbbek lettek, valamint a növények sótoleranciája is javult.

Két-két kiválasztott tetraploid genotípus és diploid svéd energiafűz fajta keresztezésével triploid vonalakat állítottunk elő, és kimutattuk a triploid hibrid vigor jelenlétét a biomasszához kapcsolódó jellemzők biológiája és a biometán termelés vonatkozásában három (TH3/12, TH17/17, TH21/2) független vonalban. A terepi vizsgálatok jelentős középszülői heterozist (MPH%) mutattak a korai hajtáshosszban (11,14-68,85%), a növekedési ütemben (34,12-97,18%), és a CO₂ asszimilációs rátájuk is emelkedett (0,84-25,30%), valamint jelentős heterozist figyelhettünk meg több hormon esetében is (jázmonsav, indol-3-ecetsav, fenil-ecetsav, szalicilsav, citokininek). A TH21/2 és TH3/12 vonalak fa mintáinak fermentációja során keletkezett CH₄ mennyiségében is megfigyelhető a hibrid vigor (MPH%: 6,38 és 27,87%).

Mivel a nagy sótartalmú talajokon termesztett energiafűz bioenergia-termelése többféle környezetvédelmi előnnyel jár, két triploid vonal (TH16/24 és TH21/2) sótűrését vizsgáltuk félautomata fenotipizáló imaging rendszerben a szülői genotípusokkal együtt. Mindkét vonal esetében a zöld pixelek alapján számított hajtás biomassa értékek pozitív MPH%-okat mutattak a sókezelés végén (3,66% és 22,25% illetve 63,30% és 72,10%). A gyökérrendszer elemzése során (fehér pixelek száma) a TH16/24 vonalnál figyelhettünk meg jelentős heterozist a stressz alatt (MPH%: 80,74%). A TH21/2 növények vízhasznosítása szignifikánsan hatékonyabbnak mutatkozott, valamint a levélminták spektrometriás mérési eredményei alapján ezen vonal egyedei magasabb K⁺/Na⁺ arányt tartottak fenn a sóstressz idején, ami a növények emelkedett sótoleranciájára utal.

Fenti eredményeink alapján a megnövelt genomméretű energiafűz fajtáknak jelentős szerepe lehet a közeljövőben az alacsonyabb termőképességű talajokon megvalósított biomassa termelésben, így biztosítva alapanyagot bioenergia előállításához.

A kutatásokat az NKFIH (GINOP-2.2.1-15-2017-00081, 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00117) és az Ipari és Technológiai Minisztérium (KEHOP-3.2.1-15-2021-00037) támogatta.

A KÖZELI INFRAVÖRÖS (NIR/NIT) MÉRÉSTECHNIKA ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A NÖVÉNYNEVELÉSBE

Dr. Nógrádi Sándor

Servitec Kft., Tata

A NIR analitika viszonylag rövid múltra tekint vissza, bár az elektromágneses sugárzásban a közeli infravörös régiót Herschel már a XIX század elején azonosította. Kb. 160 évnek kellett mégis elteltie, hogy az első, a búza nedvességtartalmának mérésére szánt kezdetleges spektroszkópját Norris összeállította. A XX. század végétől azonban – követve az optikai és mikroelektronikai elemek szédítően gyors fejlődését, rohamos fejlesztések indultak a NIR műszerek újabb generációinak megjelenésével.

Az újabb fordulatot az applikációs modellek kidolgozásához szükséges kemometriai-matematikai technikák hozták, különös tekintettel az ANN (Artificial Neural Network, az ún. mesterséges neurális hálózat) kalibrációfejlesztési megoldásra. Ma már tehát megvalósult az igény, hogy egy percen belül a szabványanalitikát megközelítő pontossággal nyerjünk táplálóanyag-összetétel információt egy adott gabona, vagy szinte bármilyen élelmiszer, takarmány alapanyag és/vagy késztermék minőségéről.

Ennek döntő fontossága van az élelmiszer feldolgozó és kereskedelmi szervezetek minőségbiztosításában, de vajon használható-e a mérés technika a K+F területén, különös tekintettel a növénynevelésre, azon belül is a gabonákra? Ezzel kapcsolatban igyekszünk néhány példát bemutatni prezentációnkban, amelynek szerkesztésénél többek között Dr. Salgó András, Dr. Rakszegi Mariann, Dr. Vida Gyula, Dr. Láng László publikációiból is merítettünk.

BÚZA-*Thinopyrum* ROBERTSONI TRANSZLOKÁCIÓT TARTALMAZÓ UTÓDVONAL AZONOSÍTÁSA ÉS RÉSZLETES JELLEMZÉSE

**Kruppa Klaudia, Szakács Éva, Gaál Eszter, Cséplő Mónika, Ivanizs László, Farkas
András, Kovács Péter, Szőke-Pázszi Kitti, Lángné Molnár Márta, Molnár István,
Türkös Edina**

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A *Thinopyrum* nemzetség a búza rokonsági köréhez tartozó évelő tarackbúza-félék egy csoportja, melyek agronómiailag hasznos géneket hordoznak. Ivaros keresztezéssel néhány rezisztenciagénjét átvitték már a termesztett búzába, hozzájárulva a búza betegségekkel szembeni ellenállóságának javításához, de az általuk hordozott genetikai sokszínűség mindeddig nagyrészt kiaknázatlan maradt.

A *Thinopyrum intermedium* ($2n=6x=42$) és a *Thinopyrum ponticum* ($2n=10x=70$) szintetikus fajhibridje az *Agropyron glael* jelentős genetikai potenciállal rendelkezik. A könnyebb keresztezhetőségért felelős géneket hordozó 'Mv9kr1' hexaploid búzát használtuk a levél- és sárgarozsdával szemben ellenálló részleges amfiploidok előállításához. Ezekben a búzagenom mellett 7-9 pár *A. glael* kromoszómát azonosítottunk multicolour genomi *in situ* hibridizációs (mcGISH) technika segítségével.

A búzáéhoz hasonló morfológia és termés potenciál elérése érdekében ezeket a még számos tekintetben vad fajra hasonlító vonalakat visszakereszteltük 'Mv Karizma' búzafajtaival egymást követő két éven keresztül. Az idegen kromoszómák számának csökkentésével azonban a hasznos tulajdonságok is elvesznek a legtöbb esetben, ezért nagyon fontos a molekuláris citogenetikai azonosítás mellett a tenyészkerti megfigyelés és szelekció a rezisztencia meglétének igazolására. A 2023-as évben az erős mértékű spontán fertőződés miatt jól el lehetett különíteni a levélrozsdá- és sárgarozsdá-fertőzéseknek különböző mértékben ellenálló utódvonalakat. Ezek között az *A. glael* kromoszómák genomszintű kimutatásához jól bevált próbakombinációval (*Thinopyrum bessarabicum* (J genom) és *Pseudoroegneria spicata* (St genom)) multicolor GISH technikával egy olyan 44 kromoszómás utódot azonosítottunk, amelyben egy pár Robertsoni-kromoszóma is található. Ennek rövid karja *Thinopyrum*-ból származó St kromoszómakar, hosszú karja pedig búza. A búza kromoszómák azonosításához kutatócsoportunk régóta rutinszerűen alkalmazza a FISH technikát, melynek alapja három különböző DNS repetitív szekvencia egyedi kromoszóma-mintázata. A vizsgált vonalban a búzagenom összes (42) kromoszómáját egyértelműen azonosítottuk, a Robertsoni-transzlokációban részt vevő búza rész nagy valószínűséggel 4D hosszú kar. Az idegen St kromoszómakar azonosítását molekuláris markerekkel tervezzük kivitelezni.

A tenyészkerti megfigyeléseket indukált rozsdafertőzésre alkalmas „rozsdakertben”, és üvegházban validáljuk. A közeljövőben ezeket az értékes tulajdonságokat hordozó kromoszóma-szakaszokat modern martonvásári búzafajtaiba tervezzük beépíteni a gyakorlati hasznosság érdekében. Másrészt az *A. glael*-ből származó kromoszómák izolálásával, szekvenálásával genomikai adatbázisokat hozhatunk létre, amelyek alkalmasak PCR alapú gén-specifikus markerek fejlesztésére és egy markerszelekciós rendszer létrehozására, amely megkönnyíti a tarackbúza eredetű kromoszómák azonosítását, illetve hatékonyá teszi az idegen fajú keresztezésből származó vonalak felhasználását a búzanemesítési programokban.

A kutatásokat az OTKA FK145848 és a TKP2021-NKTA-06 számú pályázata támogatta.

TRITIKÁLÉ *IN VITRO* ANDROGENEZIS INDUKÁLÁSA PORTOKTENYÉSZTÉSBE ÉS AZ UTÓDNEMZEDÉK HOMOGENITÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Kruppa József¹, Osama Zuhair Kanbar², Tóth-Lencsés Kitti Andrea², Kiss Erzsébet²,
Bóna Lajos³, Lantos Csaba³, Pauk János³

¹Kruppa-mag Kft., Kisvárd

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

³Gabonakutató Nonprofit Kft., Szeged

A gabonanemesítésben gyakran alkalmaznak *in vitro* androgenézis módszereket megkettőzött haploid (DH) növények előállítására. A vizsgálat célja a genotípus (három fajta és nyolc F₁ hibrid) és az indukciós táptalaj (W14mf és P4mf) hatásának meghatározása volt tritikálé *in vitro* portoktenyésztésben (*X Triticosecale* Wittmack.). Az androgenézist sikerrel indukáltuk minden vizsgált genotípus és kezelés esetében. A genotípus jelentősen befolyásolta a portoktenyésztés hatékonyságát, melyet a következő paraméterekkel mértünk: embriószerű struktúrák, albínó- és zöld növénykéék száma.

A táptalaj szintén jelentős hatással volt az ELS, albínó és kiültetett növénykéék számára. Két tápközeget (P4mf, W14mf) használtunk a tritikálé portoktenyésztési kísérletben. A portoktenyésztés hatékonysága nagyobb volt a P4mf tápközegben (103,7 ELS/100 portok, 19,7 zöld növény/100 portok), mint a W14mf indukciós tápközegben (90,0 ELS/100 portok, 17,0 zöld növény/100 portok). A növényregenerálási kísérletben a mikrospóra eredetű struktúrákból (ELS) regenerált zöld növénykéék számában a W14mf tápközegről származó embrioidok mutattak jobb regenerációs százalékot (18,0%). A P4mf táptalajról származók ezzel szemben alacsonyabb regenerációs százalékot mutattak (15,9%).

A DH₀ növények felnevelése és a magfogás után a DH₁ generációt is felneveltük, és molekuláris genetikai módszerrel vizsgáltuk az utódnemzedék (DH₂) genetikai homogenitását. A vizsgált DH törzsek nagy részére homogenitás volt jellemző, és az agronómiai szelekciót követően nemesítési programban használtuk fel őket. Néhány DH vonal (2-8%) inhomogenitást mutatott, amit a tritikálé idegentermékenyülési hajlamával magyaráztunk. Az idegen beporzási gyakoriság lényegesen nagyobb, mint búza esetében. Nemesítési és fajtafenntartási szempontból feltétlenül figyelembe kell vennünk a mechanikai és térbeli izoláció fokozott és pontos betartását. Villám poszterünkben szeretnénk felhívni a nemesítők figyelmét ezen kritikus tényezőre, és a nemesítési programokban hangsúlyozni a tritikálé DH törzsek izolált szaporítását és fenntartását.

ÖMKI-VSZT-NÉBIH ÖKO ŐSZI KALÁSZOS POSZTREGISZTRÁCIÓS FAJTAKÍSÉRLETEK HÁROM ÉVES EREDMÉNYEI

Balog Emese¹, Mikó Péter², Borbélyné Hunyadi Éva¹, Fehér Judit¹, Drexler Dóra¹

¹Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet, Budapest

²HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

Az ökológiai gazdálkodásban speciális előírások vonatkoznak a felhasznált szaporítóanyagra. Az (EU) 2018/848 rendelete kiterjed az átállási vagy nem ökológiai növényi szaporítóanyag használatára. Amennyiben az nem áll rendelkezésünkre, az illetékes hatóságnál kérelmezhető nem ökológiai növényi szaporítóanyagok felhasználása. Az ÖMKi-VSZT-Nébih ökológiai őszi kalászos fajtatesztek célja a fajták teljesítményének megalapozott értékelésével és regionális fajtaajánlati listák összeállításával az ökogazdák fajtaválasztásának támogatása, a minőségi ökológiai vetőmaghasználat népszerűsítése és a nemesítők munkájának elősegítése további kutatás-fejlesztési irányok meghatározásával. Szorosan együttműködünk a Vetőmag Szövetség Szakmaközi Szervezet és Terméktanács (VSZT) 2020 márciusában újjáalakult Ökológiai Vetőmag Munkacsoportjával, melynek célja, hogy bővítse a hazai öko vetőmagok fajtakinálatát és elérhetőségét, előnyeik bemutatásával ösztönözze azok használatát.

Az ÖMKi koordinálásával a már 3 éve működő, országos lefedettségű fajtateszt-hálózat 7 helyszínen zajlik, ahol 2020-ban 21, 2021-ben 26, 2022-ben pedig 19 őszi búzafajta tesztelése valósult meg. A kísérletekben a Nébih fertődi, röjtökmuzsaji és eszterárgpusztai Növényfajta Kísérleti Állomása mellett a martonvásári HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, a szegedi Gabonakutató Nonprofit Kft., a DE Debreceni Tangazdaság és Tárkutató Intézete, a MATE Karcagi Kutatóintézete és két kísérleti helyszínt biztosító ökogazdálkodó (Csoroszllya-Farm Kft. és Decsi Árpád) vesz részt. A vetőmagforgalmazó cégek (Karintia Kft., Lajtamag Kft., RWA Magyarország Kft., Saatbau Linz Hungária Kft., Tradisco Seeds Kft., Istroseed Zrt.) és a résztvevő nemesítőházak nevezik be fajtaikat, biztosítva ezzel a tesztek anyagi hátterét.

Azon őszi búzafajták közül, melyek mind a három kísérleti évben szerepeltek vizsgálatainkban, hozamot tekintve az 'Aurelius' (6,11 t/ha; 11,72 % fehérje; 22,19 % sikér), a 'Christoph' (5,80 t/ha; 11,72 % fehérje; 22,40 % sikér) és az 'Activus' (5,75 t/ha; 11,12 % fehérje; 19,26 % sikér) szerepelt a legjobban, de átlag felett teljesített az 'Mv Uncia', 'Mv Ménrót' és 'Mv Pántlika' is. Ezek a fajták az összesített terméseredmények alapján jó termésstabilitást mutattak. Mind fehérje-, mind pedig sikértartalom alapján a minőségi kontrollként használt 'Bánkúti 1201' (4,07 t/ha; 12,64 % fehérje; 25,64 % sikér), az 'Arnold' (5,05 t/ha; 12,50 % fehérje; 25,40 % sikér) és a standard fajtaként alkalmazott 'KG Kunhalom' (4,89 t/ha; 12,09 % fehérje; 24,33 % sikér) nyújtotta a legjobb minőséget, de átlagon felül teljesített az 'Mv Pántlika' és 'Capo' fajta is. Ezen fajták minőségstabilitását is érdemes figyelembe venni a fajtaválasztás során. Az ökológiai gazdálkodásban jellemző, kevésbé intenzív tápanyagellátás megnehezíti a jó technológiai minőség elérését, ezért összességében elmondható, hogy a hozam maximalizálása mellett célszerű olyan fajtaikat választani, melyek minőségstabilitása is kiváló és még a gyengébb körülmények ellenére is képesek a malmi minőség elérésére. Ökológiai körülmények között az agrotechnikán kívül nincs sok lehetőségünk a károsítók visszaszorítására. Ezért tartottuk fontosnak a hozam és minőség mellett az agronómiai (talajborítás, bokrosodás, gyomelnyomás) és növénykórtani (fuzárium, lisztharmat, rozsdák) felvételezéseket is. A fajtaösszehasonlító kísérletek folytatása nagyban segíti az ökogazdák optimális fajtaválasztását, ezért a 2023/2024-es tenyészidőszakban is tovább zajlanak országos vizsgálataink.

A kutatást a LIVESEEDING nemzetközi projekt támogatja, az Európai Unió, a Svájci Oktatási, Kutatási és Innovációs Államtitkárság (SERI) és a UK Kutatás és Innováció (UKRI) finanszírozásával.

AZ ÖKO POSZTREGISZTRÁCIÓS KÍSÉRLETEK JELENTŐSÉGE A TÖNKÖLYBÚZA PÉLDÁJÁN

Mikó Péter¹, Balog Emese², Fehér Judit², Drexler Dóra²

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet, Budapest

Az EU stratégiája szerint az évtized végére az ökológiai mezőgazdasági területek részarányának jelentős növekedésével (25%-ra) kell számolnunk, melyet lekövető nemzeti ökológiai cselekvési tervünk e részarány (a jelenlegi 6%-ról) 10%-ra való növelését célozta meg. Az ehhez szükséges ökológiai gazdálkodók körének bővítését a gazdálkodás minél sikeresebbé és jövedelmezőbbé tételével lehet leginkább elérni, amelyhez elengedhetetlenül fontos a megfelelő növényfajta (és termesztéstechnológia) biztosítása. A környezetnek jobban kitett bio növénytermesztés számára kiemelten fontos a fajták teljesítőképességéről (pl. biotikus és abiotikus ellenálló-képesség, stabil hozam és magas beltartalmi értékek) minél részletesebb információ elérhetősége. Ezt hivatott biztosítani a 4 éve alakult VSZT Öko Vetőmag Munkacsoport, mely a hazai öko vetőmag és növénynevelés fejlődéséért dolgozik.

A hatályos EU bio rendelet három kategóriába sorolja a termesztett növényfajokat (néhány esetben fajtacsoportokat) az alkalmazható vetőmag-forrás szerint: az I. kategóriához tartozó fajok termesztéséhez kizárólag bio vetőmagot lehet használni, a II. kategória fajaira eseti engedélyt kell kérnie a bio gazdának, míg a III. kategóriában általánosan engedélyezett a csávázatlan, konvencionális vetőmag használata. Jelenleg hazánkban a II. kategóriába tartozik az összes növényfaj, így nem öko vetőmagból történő termesztésükhöz minden esetben egyedi engedély kiadására van szükség, mely adminisztratív túlterheltséget okoz a két hazai öko tanúsító szervezetnek és a bio gazdának egyaránt. Ezenkívül, ez a gyakorlat az öko fémzárolt vetőmagok használatának térnyerését is gátolja, így közvetve az ökológiai gazdálkodást célzó növénynevelés fenntarthatóságát, és végső soron az öko gazdaságok jövedelmezőségét is veszélyezteti. A hazai ökológiai vetőmag adatbázis ellenőrzési pontul szolgál a II. kategóriás engedély megadásakor, ezért annak minél több fajta, minél több vetőmagtételével való feltöltése kiemelt fontosságú. A munkacsoport által életre hívott, negyedik évében járó, kisparcellás öko kalászos posztregisztrációs kísérletek célja az öko termesztésre alkalmas fajták azonosítása, illetve öko vetőmag-kereskedelmük fellendítése. Abban az esetben, amikor elegendő mennyiségű, megfelelő számú fajtát érintő vetőmag-szaporítási szándék összegyűlik egy fajnál, annak I. kategóriába való átvezetése előtt is megnyílhat az út. Erre adhat követendő példát a tönkölybúza: az idén 3. évébe lépett tönköly posztregisztrációs kísérletek tapasztalata, eredményeit összevetve a két tanúsító szervezettől kapott, nem öko tönköly vetőmagok iránti felhasználási kérelmek adatbázisával, elegendő lesz arra, hogy hamarosan indítványozni lehessen a tönköly I. kategóriába való fokozatos átvitelét. A 3 évre tervezett folyamat során a gazdák (és a vetőmag-előállító cégek is) felkészülhetnek az új körülményekre, amikor már csak bio eredetű (fémzárolt vagy visszafogott) vetőmag felhasználásával fognak tudni tanúsított ökológiai tönkölyt (pl. szemtermés, szalma, tömegtakarmány) előállítani.

A 7 helyszínen futó országos kisparcellás kísérletek kétéves eredményei megmutatták, hogy a vizsgált 7 tönkölyfajta hozama és fehérje-tartalma viszonylag kis eltéréseket mutat ('Mv Martongold' fajta lett mindegyikben az első (4,63 t/ha; 15,09% fehérjetartalom); a szórás 0,14 t/ha, illetve 0,14% volt), ezért mindegyik ajánlható öko termesztésre. Az elmúlt 5 év alapján 7 fajtát érintő 43 kérelem érkezett átlagosan évente a tanúsító szervezetekhez, amely által érintett közel 1300 hektárnyi területre (megfelelő szervezéssel) néhány éven belül biztosítható lehet több fajta fémzárolt ökológiai vetőmagja, így a tönkölybúza I. kategóriába történő, tartós átvezetése is megvalósulhat. A kisparcellás kalászos fajtatesztek részletes eredményei az ÖMKi honlapján érhetők el:

https://www.biokutatas.hu/hu/page/show/kisparcellas_fajtatesztek

A kutatásokat a TKP2021-NKTA-06 projekt, valamint a Magyar Nemzeti Vidéki Hálózat (MNVH) kiemelt projektje és a LIVESEEDING nemzetközi projekt (az EU, a Svájci Oktatási, Kutatási és Innovációs Államtitkárság (SERI) és a UK Kutatás és Innováció (UKRI) finanszírozásával) támogatja.

BURGONYA FAJTAKÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI ÖKOLÓGIAI TERMESZTÉSI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

Frank Krisztián¹, Siftár Erika¹, Wolf István¹, Polgár Zsolt^{1,2}

¹MATE Agrárcsoport Kft. Burgonyakutatási Központ, Keszthely

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Keszthely

Az elmúlt években Európában és világszerte is folyamatosan nőttek az elvárások a környezetkímélő gazdálkodással és a minőségi élelmiszer előállításával kapcsolatban. Az ökológiai vagy biogazdálkodás a fogyasztói igények, illetve a szigorodó szabályozások miatt a mezőgazdaság dinamikusan fejlődő szegmensének számít. A burgonyatermesztésen belül az ökológiai gazdálkodás részaránya világviszonylatban még meglehetősen alacsony, bár a tendencia növekvő. Magyarország e tekintetben kimondottan rosszul áll, a hivatalos EU statisztikák szerint 2020-ban hazánkban mindössze 56 hektáron termesztettek bioburgonyát, míg a nyilvántartott termelők száma csupán 10 volt.

A konvencionális gazdálkodáshoz képest az ökológiai gazdálkodás erősebben függ a környezeti tényezőktől, ezért kiemelten fontos a fajták ökológiai alkalmazkodóképességének minél szélesebb körű megismerése. Ez is egy részfeladata volt az Európai Unió által finanszírozott ECOBREED projektnek, melynek célja az ökológiai, illetve low-input gazdálkodásra alkalmas fajták tesztelése és a szaporítóanyagok elérhetőségének javítása. A projekt részeként 67 burgonyafajtát teszteltünk az ökogazdálkodás szabályainak megfelelő termesztési körülmények között. A kiválasztott fajták egy ökológiailag átállt, öntözetlen területen lettek elültetve, parcellánként 30 gumóval, három ismétlésben, 2020 és 2022 között. A felvételezett termés adatokat (teljes termés, értékesíthető termés aránya és gumóvarasodás aránya) többszemponos variaanciaanalízissel elemeztük.

A burgonyatermesztésre nem kimondottan kedvező hazai klimatikus és kórtani viszonyok között óriási különbségek voltak a fajták alkalmazkodóképességében. Az első éves eredmények alapján, illetve a kialakult erős vírusfertőzés miatt 35 fajtát ki kellett venni a kísérletből. A második és harmadik vizsgálati évben így már csak 32 fajtával tudtunk dolgozni. A részletes elemzéseket is ezeken a fajtákon végeztük el. A teljes termést tekintve a 32 fajta termésátlaga 9,07 és 28,61 t/ha között változott, ami szignifikánsan függött a fajtától ($F = 6,364; p < 0,0001$), de az év ($F = 8,692; p < 0,0002$) és az év×fajta kölcsönhatás is befolyásolta azt ($F = 3,935; p < 0,0001$). Mindössze 7 fajta termésátlaga haladta meg a 20 t/ha értéket, a legnagyobb termésátlagot produkáló fajták a 'Damaris' (28,61 t/ha), 'Basa' (24,22 t/ha) és 'Michalina' (23,57 t/ha) voltak. Az értékesíthető termés aránya szintén erősen függött a fajtától ($F = 3,171; p < 0,0001$), az évtől ($F = 312,569; p < 0,0001$), valamint ezek kölcsönhatásától ($F = 2,930; p < 0,0001$). Csak 4 fajta értékesíthető termése haladta meg a teljes termés 80%-át, 'KIS Savinja' (83,95%), 'Fidelia' (83,04%), 'KIS Kokra' (81,54%) és 'Balatoni rózsa' (81,50%). A gumóvarasodás mértéke is szignifikánsan függött a fajtától ($F = 17,914; p < 0,0001$), az évtől ($F = 39,205; p < 0,0001$) valamint ezek kölcsönhatásától ($F = 10,532; p < 0,0001$). A legkevesebb varasodást a 'Basa' (4,0%), 'Botond' (4,3%) valamint 'KIS Kokra' és 'KIS Slavnik' (mindkettő 6,6%) fajtáknál tapasztaltuk.

A kapott eredmények egyértelműen kihangsúlyozzák a helyes fajtaválasztás és a minőségi, vírusmentes vetőgumó használatának fontosságát az ökológiai termesztésben is, ahol a fajták alkalmazkodóképességének, biotikus és abiotikus stresszekkel szembeni ellenálló képességének a hagyományos termesztéssel szemben még nagyobb jelentősége van. A kísérleti adatok jó alapot jelentenek egy „öko” termesztéshez ajánlható fajtalista kialakításához.

A kutatást az Európai Unió Horizon 2020 programja (project ECOBREED, GA No. 771367) támogatta.

A MARKER ASSZISZTÁLT SZELEKCIÓ INTEGRÁLÁSA A FEHÉR CSILLAGFÜRT ÖKOLÓGIAI NEMESÍTÉSÉBE SVÁJCBAN

Patyi András¹, Christine Arncken¹, Monika M Messmer¹, Michael Schneider¹, Miriam Kamp², Sebastian Kussmann², Mariateresa Lazzaro¹

¹Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, Svájc.

²Getreidezüchtung Peter Kunz (gzpk), Feldbach, Svájc.

A fehérvirágú csillagfürt (*Lupinus albus*, L.) elhanyagolt növény Svájcban, ahogy Európa más részein is. Ahhoz, hogy ezt az európai hüvelyes növényt a biogazdálkodásban és a fenntartható mezőgazdasági rendszerekben is felhasználhassák, a termesztése során jelentős akadályokat kell leküzdeni. Először is, nagy szükség van olyan fajtákra, amelyek stabilan alacsony alkaloidtartalommal rendelkeznek, melyek a növény által termelt és a magokban felhalmozódó mérgező keserű vegyületek. Másodjára, a *Colletotrichum lupini* nevű aszkomycétával szemben ellenálló fajták iránti igény kielégítése, amely a nagy betegségnyomású régiókban, mint például Svájcban, akár teljes termés kiesést okozhat. Különösen a biotermesztésben, ahol nem használnak szintetikus gombaölő szereket. Végül, mivel ez a növény mediterrán eredetű, a mérsékelt éghajlatú régiókban a koraiság szintén döntő fontosságú tulajdonság a sikeres termés szempontjából.

A FiBL-ben (Svájc) 2014-ben indult el a fehérvirágú csillagfürt nemesítési programja, amely a fent említett tulajdonságokra összpontosít. A FiBL együttműködik a gzpk-val, egy organikus, nonprofit növénynevelítő szervezettel az új fajták közös kifejlesztése érdekében. Minden évben új genetikai erőforrásokat szűrünk, hogy az antraknózis-rezisztenciát, az alacsony alkaloidszintet és a korai érést kombináló szülői egyedeket azonosítsunk. A szegregáló populációkat (amelyeket a keresztbeporzás megakadályozása érdekében hálós alagút védelmében termesztünk) az érdeklődésre számot tartó tulajdonságokra szelektáljuk, mindezt minősített ökológiai szántóföldön. A fejlett nemesítési vonalakat a kereskedelmi fajtákkal összehasonlítva fertőzőes sorokban lévő parcellákban teszteljük.

Ezt a megközelítést a közelmúltban kiterjesztettük a molekuláris módszerek bevonásával. Az alacsony alkaloidtartalom és az antraknózis-rezisztencia marker-tulajdonság asszociációit GWAS, Genomic Prediction és Bulk Segregant Analysis segítségével azonosítottuk. A PCR-alapú molekuláris markereket (KASP) a saját vizsgálatok, a Bajor Állami Mezőgazdasági Kutatóközponttal (LfL) együttműködve, illetve szakirodalmi források alapján azonosított asszociációk alapján fejlesztettük ki. Ezeket a markereket 2023-tól ellenőrzött és szántóföldi körülményekből származó fenotípusos adatokkal validáljuk. Több megközelítésű módszert alkalmazunk, mivel az antraknózis-rezisztencia és az alkaloidtermelés egyaránt összetett tulajdonság. Az alacsony alkaloidszintet több lokusz szabályozza, egy fő lokusz, a *pauper*, amely mutáció ismert, és más, még nem bizonyított allélok. Az antraknózis-rezisztencia poligénes tulajdonság, a markerek kifejlesztése még nagyobb kihívás, mint az alacsony alkaloidtartalom esetében. A cél a hagyományos nemesítési módszereket és a molekuláris megközelítést kombináló nemesítési stratégia meghatározása a fehérvirágú csillagfürt kisléptékű ökológiai nemesítési programunkban.

Ezen erőfeszítések révén új fehérvirágú csillagfürt-fajták nemesítésére és e különösen érdekes, de még nem kellően hasznosított szemes hüvelyes termesztésének fellendítésére törekszünk.

This research has received funding from the projects DIVINFOOD (funded by the EU, grant no.101000383), LiveSeeding (funded by the EU, SERI and UKRI, grant no.101059872) and LUPINNO SUISSE (funded by the Swiss Federal Office for Agriculture - FOAG, contract: 2020/51)

MARTONVÁSÁRI ŐSZI ÉS TAVASZI ZAB GENOTÍPUSOK PRODUKTIVITÁSA ELTÉRŐ ÉVJÁRATOKBAN

KUTASY ERIKA TÜNDE, VIRÁG ISTVÁN CSABA, BEKIR BYTYQI,
CSAJBÓK JÓZSEF és FORGÁCS FANNI ZSUZSA

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Növénytudományi Intézet, Növénytermesztéstani, Tájökológiai és Növénynevelési Tanszék,
Debrecen

A Debrecenben 2021-2023 között csernozjom talajon szántóföldi kisparcellás kísérletben teszteltük martonvásári őszi és tavaszi zab genotípusok produktivitását. 4 tavaszi és 5 (6) őszi fajtát teszteltünk. Megállapítottuk, hogy a csapadékos évjáratot kivéve az őszi genotípusok produktivitása lényegesen meghaladja a tavaszi fajtákét. A vizsgált őszi fajták közül legkisebb termésingadozással az 'Mv Hópehely' volt jellemezhető, emellett pedig a vizsgált évjáratok mindegyikében a legjobb termőképességű fajták között szerepelt. A 2023-ban először tesztelt új genotípus, az 'Mv Hóka' produktivitása az adott évjáratban a legnagyobb volt, azonban szignifikánsan nem haladta meg az 'Mv Kincsem' termőképességét. A legnagyobb eltérések a fajták között a különösen aszályos 2022-es évben voltak. Kiemelhetjük még az 'Mv Hópehely' mellett az 'Mv Istráng' fajtát is amely mindhárom évjáratban kedvezően szerepelt. A tavaszi genotípusok produktivitása csupán 2023-ban haladta meg az őszi genotípusokét. Ennek oka részben az volt, hogy a kedvező vízellátás mellett óriási vegetatív tömeget fejlesztettek az őszi fajták ezért viszonylag korán megdőlt az állomány. A tavaszi genotípusok közül valamennyi évjáratban kedvezően szerepelt az 'Mv Kengyel' és az 'Mv Szellő'. Az 'Mv Ménes' fajta termése pedig csapadékos évjáratban bizonyult kiemelkedően nagyknak.

Kulcsszavak: zab, alkalmazkodóképesség, termés

PRODUCTIVITY OF WINTER AND SPRING OAT GENOTYPES OF MARTONVÁSÁR IN DIFFERENT YEARS

E.T. KUTASY, I.C. VIRÁG, B. BYTYQI, J. CSAJBÓK and F.F. FORGÁCS

¹ University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Crop Sciences, Department of Crop Production, Applied Ecology and Plant Breeding, Debrecen

In Debrecen we tested the productivity of the spring and winter oat genotypes of Martonvásár in small plot experiments on chernozem soil between 2021-2023. We tested 4 spring and 5 (6) winter varieties. We found that, except for the rainy season, the productivity of the winter oat genotypes was significantly higher than that of the spring varieties. Of the winter varieties tested, 'Mv Hópehely' had the lowest yield variability and was among the best yielding varieties in all the years tested. The new genotype tested for the first time in 2023, 'Mv Hóka' was the most productive in that year, but did not significantly outperform 'Mv Kincsem'. The largest differences between the varieties were in the particularly droughty year 2022. In addition to 'Mv Hópehely', the variety 'Mv Istráng' also performed well in all three years. The productivity of the spring genotypes exceeded that of the winter genotypes only in 2023. This was partly due to the fact that the winter varieties developed a huge vegetative mass in a favourable water supply and that caused early lodging. Of the spring genotypes, 'Mv Kengyel' and 'Mv Szellő' performed well in all years. The 'Mv Ménes' variety yielded particularly well in the rainy year.

Key words: oats, adaptability, yield

Bevezetés

A zab (*Avena sativa* L.) emberi táplálékként és állati takarmányként egyaránt fontos, világszerte termesztett növény (Marshall et al. 2013). Szemtermése kiváló élelmi rost forrás (pl. vízben oldódó β -glükán), antioxidánsokat, ásványi anyagokat és vitaminokat egyaránt tartalmaz (Allwood et al. 2021). Egyedülálló összetételének köszönhetően, a zab, mint élelmiszernövény nélkülözhetetlen az egészséges táplálkozásban (Stewart et al. 2014). Emellett a zab vitathatatlan előnye, hogy alkalmazkodóképességének köszönhetően szélsőséges

környezeti feltételek mellett is termesztendő növény (Buerstmayr *et al.* 2007). A világon a zab termőterülete és termésmennyisége az elmúlt évtizedekben fokozatosan csökkent, míg ezzel szemben a teljes kiőrlésű gabonafélék táplálkozástudományi előnyei miatt a kereslet iránta fokozatosan növekszik (Stewart *et al.* 2014, Achleitner *et al.* 2008).

A zab termőterületének csökkenése számos biotikus és abiotikus tényező összetett kölcsönhatásának tulajdonítható. A zab termőképességét, minőségét és fiziológiáját, mint minden gabonafélénél, több termesztési tényező, például a tápanyagellátás, a genotípus és a környezeti feltételek is befolyásolják (Wilson *et al.* 2021, Kutasy *et al.* 2021, Bytyqi és Kutasy 2023). Az ökológiai feltételeknek megfelelő genotípus választása az adaptabilitást tovább javíthatja, mivel az őszi ökotípus termése akár 25-30%-kal is meghaladhatja a tavaszi fajtákét, de emellett az azonos ökotípusba tartozó fajták produktivitása között is jelentős eltérések lehetnek (Kutasy *et al.* 2021, Bytyqi és Kutasy 2023). A zab fejlődését, a szemtermés mennyiségét és minőségét jelentősen meghatározta a fajták genetikai felépítése és az abiotikus stresszhatásokra adott reakciójuk (Achleitner *et al.* 2008). A kutatások igazolták, hogy a megfelelő zabfajták kiválasztása a szemtermés szempontjából ugyanolyan fontos, mint a tápanyagok kijuttatása.

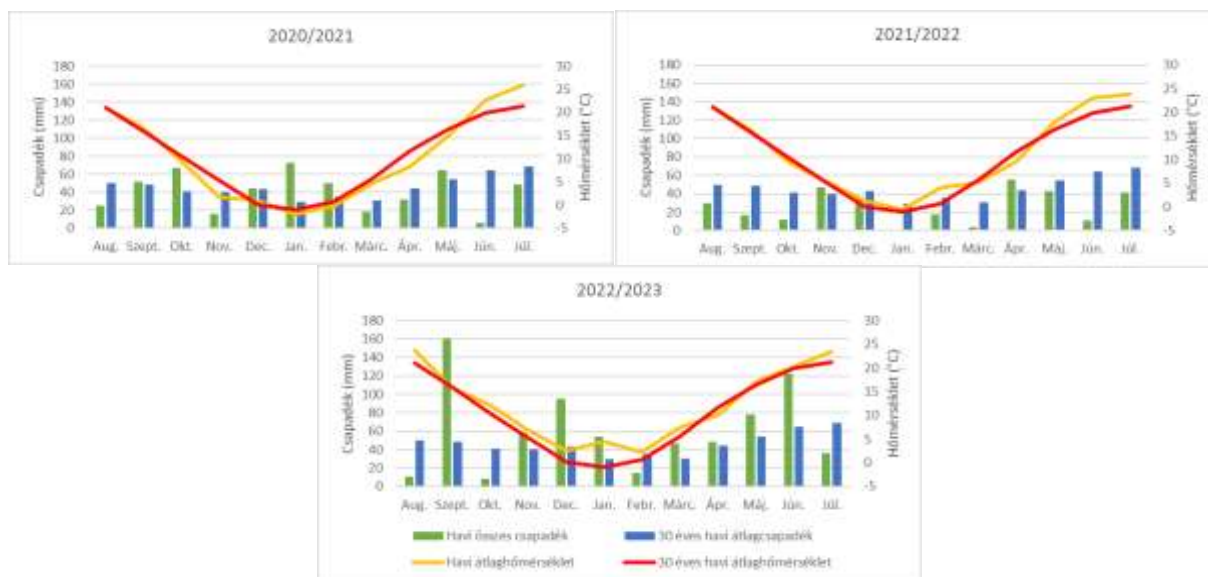
Anyag és módszer

A Debreceni Egyetem Bemutatókertjében 2020 őszen kezdtek az őszi zab és 2021 tavaszán a tavaszi zab kisparcellás szántóföldi fajtaösszehasonlító kísérletünket. A kísérlet terület talaja jó minőségű közepkötöt ($K_A=45$) csernozjom talaj, kiváló humusztartalommal ($Hu\%=2,37-2,89$) a 0-100 cm-es rétegben. A 0-20 cm-es talajréteg kémhatása semlegeshez közeli ($pH_{KCl}=6,93$), mésztartalma 0,5%, a mélyebb rétegekben azonban 1,45-2,1%. A foszfor tartalom (1538 mg kg^{-1}) és a kálium tartalom (638 mg kg^{-1}) egyaránt igen magas.

A Martonvásáron nemesített zabfajták közül az alábbi genotípusokat teszteltük: tavaszi zab esetében az 'Mv Kengyel', 'Mv Ménes', 'Mv Pehely', 'Mv Szellő' fajták, míg az őszi fajták közül az 'Mv Hópehely', 'Mv Imperiál', 'Mv Kincsem', 'Mv Istráng', valamint 'Mv Hóka' (utóbbi csak a 2023-as tenyésztési időszakban). A kísérletet 3 ismétlésben állítottuk be, 12 m² parcellamérettel, kivéve 2022-ben az 'Mv Kincsem' és 'Mv Istráng' fajták esetében, ahol 6 m²-es parcellákat tudunk vetni, mivel kevesebb vetőmag állt rendelkezésünkre. Az őszi zab kísérlet előveteménye 2021-ben burgonya, 2022-ben őszi búza, 2023-ban szója, a tavaszi zabé 2021 és 2022-ben őszi búza és 2023-ban szárazbab volt. A kijuttatott tápanyagmennyiség 2021 és 2022-ben 5:40:120 kg ha⁻¹ NPK és tavasszal 50 kg ha⁻¹ N hatóanyag, míg 2023-ban tavasszal 50 kg ha⁻¹ N hatóanyag volt. Az adatok statisztikai elemzését az IBM-SPSS 22.0 programmal végeztük. A vizsgálat során egytényezős varianciaanalízist, valamint LSD post-hoc tesztet végeztünk 5%-os elsőfajú hiba (α) mellett.

A 3 tenyésztési időszakot felölelő kísérlet során lehetőségünk nyílt különböző (a 2022-es évben kifejezetten szélsőséges) évjáratok hatását vizsgálni (1. ábra). A 2020-2021-es évjáratban az őszi-téli időszak kedvező vízellátottságú volt, ami kedvezett az őszi állományok fejlődésének, azonban a nagyon száraz és átlagosnál melegebb június gátolta a szemtelítődési folyamatokat és kényszerítéshez vezetett. 2021 ősze olyan száraz volt, hogy a kelés nagyon vontatott volt, az állományok még december elején is csak 1-2 leveles állapotban voltak. A száraz időjárás még márciusban folytatódott, a tavaszi állomány kelését csak az áprilisi csapadék tette lehetővé, azonban a száraz, átlagnál magasabb hőmérsékletű júniusi időjárás csak alacsony termésszint elérését tette lehetővé. Ezzel ellentétben a következő év kimondottan csapadékos volt, aminek hatására az őszi és a tavaszi fajták is hatalmas vegetatív tömeget fejlesztettek. Sajnos ez különösen az őszi fajták esetében korai megdőléshez vezetett, ami a terméseredményeket negatívan befolyásolta.

1. ábra A havi középhőmérséklet és havi csapadékösszeg értékek a kísérleti évekből Debrecen, 2021-2023



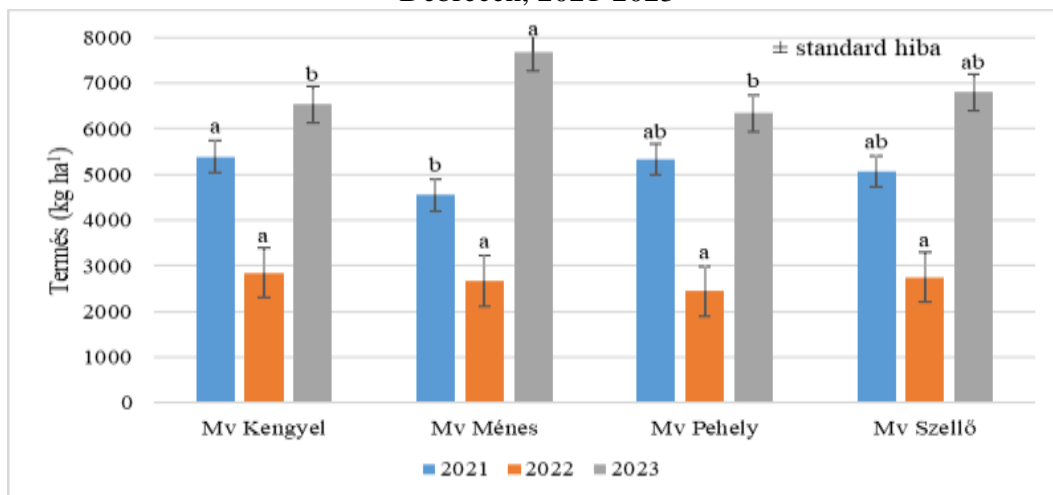
Eredmények

A 2020-2021-es évben az őszi zab állományok kezdeti fejlődése az őszi-téli időszak csapadékviszonyainak köszönhetően a viszonylag késői (október 26.) vetés ellenére kedvezően alakult. A lassú kitavaszkodás, az enyhe hőmérséklet, valamint a jelentősebb csapadékmennyiség intenzív biomassza növekedést eredményezett, azonban a júniusi szárazság szemtelítődési problémákat okozott az őszi és tavaszi állományban egyaránt. Ennek ellenére a kísérletben vizsgált fajták igen kedvező terméseredményt értek el.

A tavaszi fajták produktivitása között viszonylag kisebb eltérést tapasztalhatunk, (2. ábra) szignifikáns különbséget csak az 'Mv Kengyel' és az 'Mv Ménes' fajta között találtunk. Az aszályos 2022-es évben több, mint 2 tonnával alacsonyabb termést értünk el. A fajták között szignifikáns eltérés nem volt. A genotípusok közötti különbségek a kedvező vízellátottság mellett kifejezettebbek voltak. 2023-ban kiemelkedő terméshozamot ért el az 'Mv Ménes' (7675 kg ha^{-1}) fajta, azonban szignifikánsan nem haladta meg az 'Mv Szellő' (6805 kg ha^{-1}) termését. Az 'Mv Kengyel' és az 'Mv Pehely' termése a kismértékben elmaradt többi fajtától.

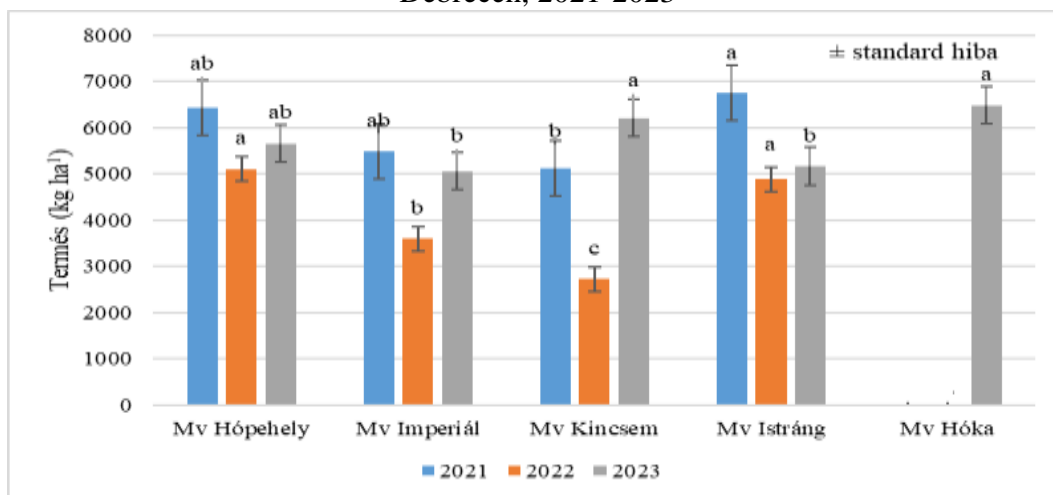
Az őszi fajták közül 2021-ben legnagyobb termést az 'Mv Istráng' fajta ért el azonban ez csak az 'Mv Kincsem' fajta termésénél volt szignifikánsan nagyobb (3. ábra). Az 'Mv Hópehely' és az 'Mv Imperial' termése megközelítette az 'Mv Istrángét'. 2021 ősztől a vetést követően egy hosszantartó csapadékmentes időszak következett, minek következtében a csírázás sokáig nem indult meg, veszélyeztetve ezzel az áttelelést. A viszonylag enyhe hőmérsékletnek köszönhetően az igen gyenge vegetatív fejlettség ellenére minden fajta áttelelt. Ezt követően mind a március, mind a június súlyosan aszályos volt. A két említett hónapban a havi csapadékmennyiség a 30 éves átlag hetedét sem érte el az adott régióban. A tenyésztési időszakot érintő (2021 augusztus-2022 július) hónapok havi átlaghőmérséklete – októberi és áprilisi kivételével – meghaladta a 30 éves havi átlaghőmérsékleti értékeket, ezért nem csak szemtelítődési, de már termékenyülési problémákat is tapasztaltunk. Az abiotikus stressz hatására a tavaszi fajtákkal ellentétben, az őszi fajták között jelentősebb eltérést tapasztaltunk. Az 'Mv Hópehely' és az 'Mv Istráng' termése a kedvezőtlen feltételek ellenére is elérte a hektáronkénti 5 tonnát. Szignifikánsan a legalacsonyabb termést az 'Mv Kincsem' fajtánál mértünk. 2023-ban kisebb különbségeket találtunk a genotípusok között. Az ebben az évben először szereplő 'Mv Hóka' fajta ígéretesnek tűnik, hiszen legmagasabb termést (6483 kg ha^{-1}) ez a fajta ért el. A legkiegyenlítettebb termése az eltérő évjáratokban az 'Mv Hópehely' fajtának volt, amely kiválóan alkalmazkodott az eltérő ökológiai feltételekhez. Kiemelhetjük még az 'Mv Kincsem' fajtát is, amelynél szintén igen kedvező terméseredményt tapasztaltunk.

2. ábra A tavaszi zab fajták termése a kísérleti évekből, Debrecen, 2021-2023



Megjegyzés: Az eltérő betűk a fajták közötti szignifikáns eltérést jelzik $p=5\%$ -os szinten az adott évben.

3. ábra Az őszi zab fajták termése a kísérleti évekből, Debrecen, 2021-2023



Megjegyzés: Az eltérő betűk a fajták közötti szignifikáns eltérést jelzik $p=5\%$ -os szinten az adott évben.

Az 1. táblázatban láthatjuk, hogy a 3 évjáratban a tavaszi zab fajtákat értékelve a fajták átlagát meghaladó termést hozott az 'Mv Kengyel' 2021-ben és 2022-ben is. Az 'Mv Szellő' fajta mindhárom évben az átlaghoz közeli termést ért el. Az őszi zab fajták közül az 'Mv Hópehely' az aszályos évjáratban 25%-kal a fajták átlagát meghaladó termést (5103 kg ha^{-1}) hozott. A csapadékos 2023-as évjáratot kivéve az őszi fajták terméseredménye lényegesen, átlagosan 17-52%-kal meghaladta a tavaszi genotípusok termését (2. táblázat). A szélsőségesen száraz, aszályos évjáratban az őszi genotípusok termésbiztonsága lényegesen nagyobb. A vizsgált években télállósági problémát az őszi fajtáknál nem tapasztaltunk, bár figyelembe kell vennünk, hogy hosszan tartó nagyon hideg időszak egyik esetben sem volt, ugyanakkor hótakaró sem védte az állományt. A száraz évjáratok és enyhébb téli időjárás előfordulásának statisztikai valószínűsége növekszik, ezért mindenképpen érdemes az őszi zab vetésterületi arányát növelni a termésbiztonság javítása érdekében.

1. táblázat Martonvásári tavaszi zab fajták relatív termése különböző évjáratokban csernozjom talajon, Debrecen, 2021-2023

| Tavaszi zab fajták | 2021 | | 2022 | | 2023 | |
|----------------------------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|
| | kg/ha | % | kg/ha | % | kg/ha | % |
| Mv Kengyel | 5391 | 106,0 | 2850 | 104,3 | 6532 | 95,5 |
| Mv Ménes | 4548 | 89,4 | 2675 | 98,0 | 7675 | 112,2 |
| Mv Pehely | 5337 | 104,9 | 2442 | 89,4 | 6342 | 92,7 |
| Mv Szellő | 5073 | 99,7 | 2752 | 100,8 | 6805 | 99,5 |
| <i>Tavaszi zab fajták átlaga</i> | 5087 | 100,0 | 2680 | 100,0 | 6838 | 100,0 |

2. táblázat Martonvásári őszi zab fajták relatív termése különböző évjáratokban csernozjom talajon, Debrecen, 2021-2023

| Őszi zab fajták | 2021 | | 2022 | | 2023 | |
|---|------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | kg/ha | % | kg/ha | % | kg/ha | % |
| Mv Hópehely | 6422 | 108,1 | 5103 | 125,3 | 5652 | 99,0 |
| Mv Imperiál | 5487 | 92,3 | 3590 | 88,1 | 5055 | 88,5 |
| Mv Kincsem | 5112 | 86,0 | 2716 | 66,7 | 6207 | 108,7 |
| Mv Istráng | 6748 | 113,6 | 4884 | 119,9 | 5160 | 90,3 |
| Mv Hóka | - | - | - | - | 6483 | 113,5 |
| <i>Őszi zab fajták átlaga</i> | 5942 | 100,0 | 4073 | 100,0 | 5711 | 100 |
| Eltérés a tavaszi fajták átlagától | 855 | 116,8 | 1394 | 152,0 | -1127 | 83,5 |

Köszönetnyilvánítás

A Kulturális és Innovációs Minisztérium KDP-2023 kódszámú Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának az NKFI Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalom

- Achleitner, A., Tinker, N.A., Zechner, E., Hermann, B. (2008): Genetic diversity among oat varieties of worldwide origin and associations of AFLP markers with quantitative traits. *Theor. Appl. Genet.*, **117**, 1041–1053.
- Allwood, J.W., Martinez-Martin, P., Xu, Y., Cowan, A., Pont, S., Griffiths, I., Sungurtas, J., Clarke, S., Goodacre, R. (2021): Assessing the impact of nitrogen supplementation in oats across multiple growth locations and years with targeted phenotyping and high-resolution metabolite profiling approaches. *Food Chem.*, **355**, 129585.
- Buerstmayr, H., Krenn, N., Stephan, U., Grausgruber, H., Zechner, E. (2007): Agronomic performance and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin produced under central European growing conditions. *Field Crops Res.*, **101**, 343–351.
- Bytyqi, B., Kutasy, E. (2023): Leaf reflectance characteristics and yield of spring oat varieties as influenced by varietal divergences and nutritional supply. *Acta Agraria Debreceniensis*, **1**, 29-34.
- Kutasy, E., Buday-Bódi, E., Virág, I. Cs., Forgács, F., Melash, A. A., Zsombik, L., Nagy, A., Csajbók, J. (2022): Mitigating the Negative Effect of Drought Stress in Oat (*Avena sativa* L.) with Silicon and Sulphur Foliar Fertilization. *Plants* **11**, 1:30.
- Marshall, A.H., Cowan, S., Edwards, S., Griffiths, I., Howarth, C.J., Langdon, T., White, E. (2013): Crops that feed the world 9. Oats- a cereal crop for human and livestock feed with industrial applications. *Food Secur.*, **5**, 13–33.
- Stewart, D., McDougall, G. (2014): Oat agriculture, cultivation and breeding targets: Implications for human nutrition and health. *Brit. J. Nutr.*, **112**, 50–57.
- Wilson, M.L., Evans, E.E., Klossner, L., Pagliari, P.H. (2021): Organic Oat Response to Variety, Seeding Rate, and Nutrient Source and Rate. *Agronomy*, **11**, 1418.

DURUMBÚZA GENOTÍPUSOK AGRONÓMIAI ÉS TECHNOLÓGIAI MINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA ÖKOLÓGIAI ÉS KONVENCIONÁLIS KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

Cséplő Mónika¹, Puskás Katalin¹, Vida Gyula¹, Bányai Judit¹, Mészáros Klára¹, Tóth Viola¹, Heinrich Grausgruber², Luca Bonfiglioli³, Mario Augusto Pagnotta³, Mikó Péter¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Department of Crop Sciences, Institute of Plant Breeding, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria

³Department of Agricultural and Forest Sciences, Tuscia University, Viterbo, Italy

A durumbúza (*Triticum turgidum* ssp. *durum*), a kenyérbúza (*T. aestivum* L.) után, a második legszélesebb körben termesztett *Triticum* faj a világon: 2021-ben 33,8 millió tonna durumbúza termelt világszerte. A durumbúzából készült olasz típusú tésztákat elsősorban a száraztésztaipar dolgozza fel, azonban a korábban az észak-afrikai népek táplálékként ismert kuskusz is egyre nagyobb teret nyer. A durumbúza eredetileg a mediterrán országok gabonája volt, azonban, az őszi durumbúzafajták elterjedésével, napjainkra megtalálta helyét a magyarországi vetésszerkezetben is. A durumbúza iránti fokozódó érdeklődés hatására, az ökológiai termesztésben előállított tétel aránya világszerte – így Magyarországon is növekvő tendenciát mutat, a fogyasztók egyre nagyobb arányban igénylik a megbízható, főként öko területéről származó termékeket. Kísérleteinkben különböző földrajzi területekről származó durumbúza genotípusok fenotípusos paramétereit és terméskomponenseit vizsgáltuk hazai öko- és hagyományos (low input és normál input) gazdálkodási rendszerekben, három, időjárási körülményeket tekintve eltérő tenyészidőszakban (2019-2022). A tenyészidőszak folyamán felvételeztük a kora tavaszi talajborítottságot, kalászolási időt, növénymagasságot, a fellépő kórokozókkal szembeni ellenállóságot és a megdőlést. Aratást követően mértük a termés mennyiségét, a szemek szélességét, hosszúságát, a hektolitertömeget és meghatároztuk az ezerszemtömeget. A minták nedvessikér-tartalmát, sikérintéjét és Minolta b* értékét szemolinából mértük, illetve határoztuk meg.

A többtenyészős varianciaanalízis eredményei szerint a genotípus, a termőhely, valamint a termőhely×év kölcsönhatás minden vizsgált tulajdonság esetén szignifikáns volt. Az évjáráthatás a Minolta b* érték kivételével szintén minden tulajdonság esetén szignifikáns volt. A növénymagasság és a talajborítottság esetében a termőhely×genotípus, a nedvessikér-tartalom esetében az év×genotípus kölcsönhatás nem volt szignifikáns, ami ezen tulajdonságok erős genotípusos meghatározottságát bizonyítja. A talajborítottság (Canopeo mobilalkalmazással mérve) két éves adatait elemezve, a hagyományos termőhelyek 2021-es értékei jelentősen eltértek az ökológiai termőhelyektől, mint a szárazabb 2022-es évben. A kísérlet termésátlaga 5,94 t/ha volt. A terméseredményeket vizsgálva, az 'Mv Vékadur' és az 'NS Dur' low-input és normál konvencionális körülmények között, míg a 'Sambadur', 'NS Žad' és a martonvásári nemesítésű 'MVTD12-23' törzs ökológiai körülmények között teljesített stabilan. A technológiai minőségi tulajdonságokat vizsgálva, konvencionális körülmények között nagyobb nedvessikér %-ot és Minolta b* értéket figyeltünk meg. A sikérintéj mindhárom termőhelyen nagy variabilitást mutatott.

Az ECOBREED projekt az EUH2020 kutatási és innovációs programjától kapott finanszírozást a 771367. számú támogatási megállapodás alapján. A publikáció tartalma a szerzők nézeteit tükrözi és az EU Ügynöksége nem vállal felelősséget a benne található információk esetleges felhasználásáért. A kutatást a TKP2021-NKTA-06 projekt is támogatja.

A FÉNYSPEKTRUM HATÁSA A KENYÉRBÚZA FŐ TERMÉSKOMPONENSEIRE

Kiss Tibor^{1,2}, Horváth d. Ádám¹, Balla Krisztina¹, Cseh András¹, Berki Zita¹, Horváth Ádám¹, Karsai Ildikó¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Kutatási és Fejlesztési Központ, Elemiszertudományi és Borászati Tudásközpont, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Eger

A fény (a környezeti hőmérséklet mellett) kulcsfontosságú környezeti paraméter, amely hatással van a növények minden fontosabb egyedfejlődési fázisára és ezen keresztül befolyásolja a termésképzést is. E témával kapcsolatban folytatott kutatásoknak köszönhetően jelentős ismeretanyag áll rendelkezésre az *Arabidopsis thaliana* modellnövény vonatkozásában, azonban kenyérbúzával még csak kevés számú kísérletet végeztek ebben az összefüggésben. Még kevesebb információ áll rendelkezésre a tekintetben, hogy milyen kapcsolatrendszer figyelhető meg az eltérő fény spektrum és a fő egyedfejlődési gének között. Ezért kísérletünkben célul tűztük ki, hogy (1) kontrollált körülmények között részletesebben megvizsgáljunk 12 eltérő egyedfejlődési dinamikát mutató őszi búzafajta fő egyedfejlődési génjeinek (*VRN1*, *VRN2*, *VRN3* és *PPD1*) fiatalkori életszakaszban megmutató expressziós mintázatát a fény spektrum vonatkozásában, továbbá (2) leírjuk a kezelések hatását a vizsgált terméskomponensekre, illetve (3) meghatározzuk a lehetséges összefüggéseket a vizsgált gének és a termésparaméterek között. A kísérletben két különböző fény spektrumot alkalmaztunk (fehér és fehér + távoli vörös) hosszúnappalos (16 óra) megvilágítás és állandó hőmérséklet (18 °C) mellett. A levélmintákat vernalizált növényekről 2, 4, 5 és 6 leveles (a kiültetéstől számított 0., 14., 20. és 28. napon) fejlettségi stádiumban gyűjtöttük be.

A vizsgált 12 fajta kezelés előtti átlagértékeikhez viszonyítva megállapítható, hogy a mintaszedések átlagában a *VRN3* gén transzkripciója mindkét kezelésben jelentősen fokozódott, amely jelenség a távoli-vörös fényen elérte a két nagyságrendnyi különbséget is (az átlagos relatív génexpressziós érték 0,03-ról 1,98-ra emelkedett). A *VRN2* génnél határozott aktivitáscsökkenést (30-45 %) mutattunk ki a fajták átlagában a kezelés előtti átlagértékhez viszonyítva. A *PPD1* gén átlagos aktivitása a kezelés előtti átlagos expressziós szinthez viszonyítva a távoli vörös fényű kezelés hatására közel 30%-kal nőtt, addig a fehér fényű kezelésben nem mutatott eltérést. A *VRN1* gén transzkripciója közel négyszeresére nőtt mindkét kezelésben. A vizsgált gének kezelése közötti expressziós mintázatára általánosan jellemző volt a magas genotípusos kölcsönhatás (a fenotípusos variancia 64-98%-át magyarázva).

Az általunk vizsgált terméskomponensek alapján megállapítható, hogy a két kezelés hatására sem az átlagos főkalász-és mellékkalász szemszámában, sem az átlagos szemszám értékekben nem mutattunk ki szignifikáns különbséget (fehér fényen 44, 63 és 26 szem, míg távoli-vörös fényen 42, 57 és 25 szem volt). Azonban a távoli-vörös spektrumú kezelésben az átlagos főkalász-és mellékkalász szemsúlyában, illetve az átlagos ezerszemtömeg értékekben magas fokú szignifikáns ($p \leq 0,001$) eltérés volt tapasztalható (fehér fényen 1,5 g, 1,4 g és 29,4 g, míg távoli-vörös fényen 2,3 g, 2,2 g és 51,3 g volt).

Míg fehér fényű kezelésben a *VRN1* gén pozitív hatást fejtett ki az átlagos főkalász-és az átlagos szemszámra ($r = 0,51$ és $r = 0,52$), addig ez a pozitív előjelű kölcsönhatás megszűnt a távoli-vörös fényű kezelésben. Még erősebb pozitív kölcsönhatást fejtett ki fehér fényen a *VRN3* gén az átlagos főkalász szemsúlyára, illetve az átlagos ezerszemtömegre is ($r = 0,67^*$ és $r = 0,61^*$), amely jelenség az átlagos ezerszemtömeg esetében a távoli-vörös fényű kezelésben is tapasztalható volt ($r = 0,63^*$). Ugyanakkor e gén szoros negatív előjelű kölcsönhatást gyakorolt távoli-vörös fényű kezelésben az átlagos mellékkalász szemszám ($r = -0,68^*$), az átlagos mellékkalász szemsúly ($r = -0,72^{**}$) és a reprodukív oldalhajtásszám ($r = -0,82^{**}$) értékekre is.

A kutatásaink az NKFIH-FK-134234-es számú pályázat és a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00396/21/4) támogatásával készültek.

BÚZA × *Dasyphyrum villosum* UTÓDOK VIZSGÁLATA MARKEREKKEL ÉS *IN SITU* HIBRIDIZÁCIÓVAL

Uhrin Andrea, Cséplő Mónika, Vida Gyula, Pance Miklós Álmos, Molnár István,
Mikó Péter

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A *Dasyphyrum villosum* (L.) egy diploid ($2n=14$, VV), egyéves fűféle, amely főként a Mediterráneumban és a Kaukázus régióban honos. A búza harmadlagos génforrásához tartozik, és széles körben használják a kórokozókkal szembeni ellenállóképesség fokozására, valamint a szemfehérje minőségének javítására. Az elit búzafajtákkal visszakeresztezett stabil búza/*D. villosum* törzsek hozzájárulhatnak új, biotikus illetve abiotikus stressznek ellenálló minőség búza genotípusok kialakításához.

A DAFNE (Department of Agriculture, Forests, Nature and Energy University of Tuscia, Olaszország) nemesítési vonalait (CSxV32, CSxV63, CSxV60 és CSxV58), valamint az 'Mv Emese' őszi búzafajta és egy 'Mv Emese×AMP12' eredetű törzs keresztezéséből származó utódokat 2023-ban szántóföldön is tanulmányoztuk, különös tekintettel a betegség-ellenállóságukra. A szántóföldön elvetett növények izolált kalászaiból származó utódait molekuláris markerekkel, valamint genomikus és fluoreszcens *in situ* hibridizációval (GISH, FISH) is vizsgáltuk a *D. villosum*-ból származó 6V kromoszóma jelenlétének bizonyítása céljából. A CSxV32 6V diszómás szubsztitúciós és a CSxV63 diszómás addíciós vonal, a CSxV58, CSxV59 és CSxV60 a *D. villosum* kriptikus introgresszióját hordozzák. Egy ilyen kis introgressziós fragmentum jelenlétét az ebben a vizsgálatban használt markerekkel – és az eddigi GISH kísérletekkel - egyelőre nem lehetett kimutatni. A felhasznált markerek közül a legtöbb a 6V kromoszóma rövid karján (6V-1, 6VS-24, SCAR1265, CINAU-15, CINAU-18, P461-5a), a BE403818 pedig a kromoszóma hosszú karján található. Kontrollként az 'Mv Emese', 'Chinese-Spring' és két *D. villosum* genotípust használtunk (a SCAR1265 esetében a 'Nannong-02Y23' pozitív kontrollként szolgált). A kísérletben alkalmazott, a búza 6B kromoszómájára térképezett mikroszatellit markerek (wmc539, wmc397, gwm626, gwm508 és gwm486) közül a diszómás addíciós és a diszómás szubsztitúciós genotípusok is elkülöníthetők lettek egymástól a gwm626 és a wmc397 segítségével. A mikroszatellit markerekkel végzett munkánkat a fentebb leírt genotípusokon végzett *in situ* hibridizációs vizsgálati technikák is alátámasztották. A *D. villosum* kromoszóma kimutatásához teljes *D. villosum* genomi DNS-t használtunk, majd a szubsztitúciót/addíciót hordozó növények preparátumain a GISH hibridizációs jeleinek lemosása után (ugyanazon a tárgylemezen), a kromoszómák azonosításához FISH-t végeztünk Afa family, pSc119.2, pTa71 próbák használatával.

A 2023-es év kora tavaszi csapadékos és hűvös időjárása rendkívüli módon kedvezett a sárgarozsda (*Puccinia striiformis*) elterjedésének, ugyanakkor jó alkalmat adott arra is, hogy az ellenálló genotípusokat elkülöníthessük. A felvételezési adatok és a molekuláris markerekkel végzett vizsgálatok eredményeinek összevetésekor láthatóvá vált, hogy a sárgarozsda fertőzéssel szemben ellenállóbbnak bizonyultak azok a növények, amelyek a *D. villosum* fajból származó 6V kromoszómát hordozták. Többségüknél jellegzetes hiperszenzitív reakciót figyeltünk meg.

A kutatást a TKP2021-NKTA-06 projekt, valamint az EU Horizon Europe COUSIN (No.: 101135314) támogatja.

KÜLÖNBÖZŐ MÓDON TERMESZTETT TÖNKÖLYBÚZÁK ÖSSZETÉTELI ÉS TECHNOLÓGIAI TULAJDONSÁGAINAK SZÉLESKÖRŰ JELLEMZÉSE

Tömösközi Sándor¹, Németh Renáta¹, Jaksics Edina¹, Farkas Alexandra¹, Juhászné Szentmiklóssy Marietta Klaudia¹, Schall Eszter¹, Tóth Viola², Rakszegi Marianna²

¹*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport, Budapest*

²*HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár*

A tönkölybúza termesztési, táplálkozási és technológiai minőségével számos állítás fogalmazódott meg, azonban ezek jelentős része tudományosan nem tekinthető megalapozottnak. A búzával ellentétben, melyet széles körben tanulmányoznak mind biokémiai, mind genetikai szinten, a tönkölybúza esetében kevés információ áll rendelkezésünkre. Ráadásul a fellelhető információk összehasonlítása sem egyszerű a vizsgált minták, fajták eltérő száma, genetikai háttere, valamint a különböző lisztek és vizsgálati módszerek alkalmazása miatt.

A HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet munkatársaival közösen megvalósított négyéves projektünk fő célja a tönkölybúza és a közönséges búza összetételei és technológiai tulajdonságainak összehasonlítása nagy mintaszám bevonásával. A minták egy részét hagyományos és öko környezetben is teszteltük. Az általános beltartalmi összetétel tanulmányozása mellett kiemelten foglalkoztunk az egészségtámogató élelmi rost összetétel és antioxidáns tartalom vizsgálatával, valamint a rövid-láncú szénhidrátok (benne az élelmiszerbiztonsági kockázatot jelentő FODMAP komponensek) jellemzésével is. Tanulmányoztuk a mért összetételei és technológiai paraméterek genetika (fajta, törzs), illetve környezeti (évjárat, öko-hagyományos) változékonyságát is. A technológiai tulajdonságok tekintetében vizsgáltuk mind a viszkózus, mind a dagasztási tulajdonságokat, valamint kis mintaigényű módszerekkel a sütési minőséget is meghatároztuk. A lisztek és a próbapipók makromolekuláris jellemzése is megvalósult.

Eredményeink azt mutatják, hogy a tönkölybúzáknak nagy átlagban valamivel nagyobb fehérje- (és gliadin-) tartalommal, valamint szignifikánsan alacsonyabb rosttartalommal, ezen belül főleg arabinoxilán-tartalommal rendelkeznek, mint a közönséges búzáknak. Az antioxidánsok mennyiségében nem volt jelentős eltérés a két alfaj között, továbbá a rövid-láncú szénhidrát összetételben is csak kis eltérések mutatkoztak. A tönkölybúza lisztből készült tészta dagasztás közbeni nyújthatósága nagyobb volt, a fazon belül a fajták között csak kisebb mértékű eltéréseket azonosítottunk. Jelentősen nagyobb változékonyságot fedeztünk fel a keményítő- és szénhidrátfüggő viszkózus tulajdonságokban, valamint a sütési minőségben. A tönkölybúzáknak esetében a termesztés módja csak kis mértékben befolyásolta a vizsgált tulajdonságokat.

A bemutatott kutatómunka kapcsolódik „A tönkölybúzában rejlő genetikai, összetételei és feldolgozóipari lehetőségek feltárása” című OTKA 135211 pályázat és a TKP2021-EGA-02 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott TKP2021-EGA pályázati program szakmai célkitűzéseinek megvalósításához.

KIVÁLÓ MINŐSÉGŰ, ROSTBAN GAZDAG GABONAFÉLÉK AZONOSÍTÁSA ÉS NEMESÍTÉSE

**Rakszegi Marianna¹, Tóth Viola¹, Tremmel-Bede Karolina¹, Juhászné Szentmiklóssy
Marietta², Tömösközi Sándor², Cseh András¹, Karsai Ildikó¹, Mikó Péter¹**

¹ *HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár*

² *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar,
Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és
Élelmiszerminőség Kutatócsoport, Budapest*

A gabonaalapú termékek rosttartalmának növelését általában a korpafrakció liszttel való keverésével, vagy teljes kiőrlésű liszt előállításával érik el. Ez az eljárás azonban a termék minőségének és élvezeti értékének csökkenéséhez vezet. A gabona rosttartalmának genetikai növelésével elkerülhető a termék feldolgozási tulajdonságainak és ízének drasztikus változása. A búza rosttartalma növelhető többek között az emésztéssel szemben ellenálló keményítő mennyiségének növelésével, vagy a sejtfaalképző rostkomponensek (arabinoxilán, β -glükán) mennyiségi arányának növelésével. Ezért a következő célokat tűztük ki magunk elé: nagy rosttartalmú (arabinoxilán (AX) és rezisztens keményítő) búzavonalak előállítása és jellemzése; az AX-tartalom örökölhetőségének, környezeti hatásának és stabilitásának vizsgálata; új génforrások azonosítása különböző gabonafajokban; valamint a rosttartalomhoz kapcsolódó mennyiségi tulajdonságokat meghatározó lokuszok (QTL-ek) azonosítása búzaterképező populáció segítségével, molekuláris markerek fejlesztése céljából. A rosttartalom növekedése általában a fruktántartalom növekedésével jár együtt, ami az irritábilis bél szindrómában szenvedők számára kedvezőtlen. Ezért olyan génforrásokat keresünk, amelyek a nagy rosttartalom mellett alacsony fruktántartalommal rendelkeznek, és ezért kétszeres pozitív egészségügyi hatással bírnak. Továbbá a kenyér- és tönkölybúza fajok közötti és azokon belüli különbségeket nagy sűrűségű 25K Illumina Single Nucleotide Polymorphism (SNP) genotipizálási platform segítségével és az élelmi rostok fenotipizálásával tanulmányoztuk. Azonosítottunk a búza háttérében lévő tönkölykromoszómák megbízható azonosítására alkalmas kromoszóma-specifikus markereket, amelyek jó alapot adnak a jövőbeni gabonafejlesztéshez.

Ezt a kutatást a K135211 számú, a TKP2021-NKTA-06 és az SA-25/2021 számú projektek támogatták. A munka a COST Action 21149 ACRYRED együttműködésén alapul.

ŐSZI ÁRPA GENOTÍPUSOK TERMÉSÉNEK ÉS MINŐSÉGÉNEK STABILITÁSA MÉSZLEPEDÉKES CSERNOZJOM TALAJON

CSAJBÓK JÓZSEF, KUTASY ERIKA, GAGANETZ DÁNIEL

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen

Mészlepedékes csernozjom talajon, kispárcellás kísérletben őszi árpa genotípusok termését, fehérjetartalmát és hektáronkénti fehérjetermését értékeltük 2017-2023 között. A fenti paraméterek stabilitását is elemeztük a vizsgált hét év adatainak felhasználásával. Célunk az őszi árpa genotípusok termés- és minőségstabilitásának elemzése volt, illetve a termés és fehérjetartalom közötti összefüggés értékelése az adott évjáratokban és termőhelyen. A vizsgált genotípusok között szignifikáns eltérés volt kimutatható mind a termés mennyisége, mind a fehérjetartalom tekintetében. A 'SU Ellen' a termés és hektáronkénti fehérjetermés esetében felülmúlta a többi genotípust a vizsgált évjáratokban, a termés stabilitása jó volt, viszont a nagy terméshez viszonylag alacsony fehérjetartalom társult. Legjobb termésstabilitása a 'KH Viktornak' volt a vizsgált években, közepes termésmennyiség mellett. Az eredményeink alátámasztják azt a megállapítást, hogy a hektáronkénti fehérjetermést elsősorban a termés mennyisége határozza meg.

Kulcsszavak: fehérjetartalom, fehérjetermés, termésstabilitás

YIELD AND QUALITY STABILITY OF WINTER BARLEY VARIETIES ON CALCAREOUS CHERNOZEM SOIL

J. CSAJBÓK, E. KUTASY, D. GAGANETZ

Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, University of Debrecen, Debrecen

Yield, protein content and protein yield per hectare of winter barley genotypes were evaluated in small plot experiments on calcareous chernozem soil in 2017-2023. The stability of the above parameters was also analysed using data from the seven years studied. Our aim was to investigate the yield and quality stability of winter barley genotypes and to evaluate the relationship between yield and protein content in the given years and location. Significant differences in both yield and protein content were found between the genotypes studied. 'SU Ellen' outperformed the other genotypes in yield and protein yield per hectare in the years studied, with good yield stability, but relatively low protein content associated with high yield. 'KH Viktor' had the best yield stability in the years studied, with medium yields. Our results support the finding that the protein yield per hectare is mainly determined by the yield of the crops.

Key words: protein content, protein yield, yield stability

Bevezetés

Az árpa (*Hordeum vulgare* L.) a negyedik legfontosabb gabonaféle a világon, elsősorban takarmányozásra használják, de azokban a régiókban, ahol az éghajlat nem kedvező más gabonafélék számára, az árpa a fő élelmiszerforrás is. Az árpa a környezeti feltételek széles skáláját tűri, és jól alkalmazkodik a kedvezőtlen környezethez például hideg, szárazság, gyenge talajok, sekély réteg, magas sókoncentráció (Degl'Innocenti et al. 2009, Bertholdsson 2013, Al-Ajlouni et al. 2016, Carter et al. 2019). Más gabonafélékkel összehasonlítva az árpa jól alkalmazkodik a szárazsághoz is, az erős, jól fejlett gyökérzet segíti a szárazságtűrést (Ahmed et al. 2016, Sallam et al. 2019)).

A kisebb ráfordítással elérhető nagy terméshozamhoz a fajták genetikai fejlesztése szükséges, az árpafajták tápanyag- és vízhasznosítási hatékonyságának növelése, a szárazságtűrés javítása fontos célkitűzés lett (Blum 1993, Doré et al. 2011, Tittonell 2014, Kovacevic et al. 2015). Számos kutatási projekt témája volt az árpafajták vízfelvételek és vízhasznosításának növelése. Az árpa vízfelvételi képességét és vízhasznosítási hatékonyságát számos tényező határozza meg, és ezek között összetett összefüggések vannak (Oukarroum et al. 2007, Hejnak et al. 2011, Hein et al. 2016, Song et al. 2020). Az árpafajták változatosan

reagálnak a N-ellátásra, és jelentős különbségek mutathatók ki a terméshozamban és az NDVI értékében is (Kádár és Csathó 2013, Csajbók et al. 2020). A vizsgálat célja az őszi árpa genotípusok termés- és minőségstabilitásában kimutatható különbségek értékelése volt a kísérleti hely agroökológiai adottságai között.

Anyag és módszer

A méréseket 2017 és 2023 között Látóképen, a Debreceni Egyetem, AKIT DTI Növénytermesztési Kísérleti Telepén végeztük kisparcellás (18,4 m²) kísérletben, 4 ismétléssel. A terület talaja löszön kialakult mészlepedékes csernozjom, kedvező vízháztartási tulajdonságokkal. A felső réteg humusztartalma 2,7-2,8%, a humuszos réteg vastagsága 80 cm, az Arany-féle kötöttség 43-47,6. A felső talajrétegek kémhatása (pH_{KCl}) 6,46-6,6. A MÉM NAK (1979) szerint a foszforellátottság átlagos (AL-oldható P₂O₅ 133 mg kg⁻¹), míg a káliummellátottsága közepesen jó (AL-oldható K₂O 240 mg kg⁻¹). A talaj térfogattömege a művelt rétegekben 1,40-1,46 g cm⁻³, míg az alsóbb rétegekben 1,23-1,28 g cm⁻³. A talajvíz szintje 3-5 méter mélységben van.

Az alkalmazott trágyázási szint N93P45K51 kg ha⁻¹, az elvetett csíraszám 4 millió csíra volt hektáronként. A csapadékmennyiség a vizsgált tenyészidőszakokban (október-június): 2016/17 379,6 mm, 2017/18 509,2 mm, 2018/19 354,5 mm, 2019/20 442,1 mm, 2020/21 336,4 mm, 2021/22 248,6 mm, 2022/23 488,6 mm volt. Ebben a tanulmányban a termés mennyiségét és fehérjetartalmát, a hektáronkénti fehérjetermést, illetve azok stabilitását elemeztük. A kísérletbe vont fajták részben változtak, összesen 27 fajta volt, ezért kiválasztottuk azokat, amelyek legalább négy évben szerepeltek: 'SU Ellen', 'KH Korsó', 'KH Viktor', 'KH Rudolf', 'KG Pusztá', 'KG Apavár'. A fehérjetartalmat Peuffer Granolyser NIR (Pfeuffer, Németország) készülékkel mértük. A kísérleti eredmények adatait IBM SPSS 26.0 statisztikai programcsomaggal elemeztük és értékeltük GLM modell és lineáris regressziós függvény segítségével, az SZD5% értékeket Sváb (1980) módszerével számoltuk ki.

Eredmények

Az őszi árpa genotípusok között szignifikáns különbségeket mértünk a termésben minden elemzett évben, de a páronkénti összehasonlítás eredménye nem minden esetben volt szignifikáns eltérés. Az évek átlagában a legnagyobb termést a 'SU Ellen' adta (9031,4 kg ha⁻¹), a legkisebb a 'KH Korsó' termése volt átlagban (7504,6 kg ha⁻¹), de nem tért el szignifikánsan a 'KG Apavár' (7518,1 kg ha⁻¹) termésétől. Az évjáratok hatása markánsan megjelent a termés alakulásában (1. táblázat). Legkisebb eltérést a legnagyobb és legkisebb termés között a 'SU Ellen' esetében mértünk, 2336 kg-ot hektáronként.

1. táblázat őszi árpa genotípusok termése (kg ha⁻¹) mészlepedékes csernozjom talajon. Látókép 2017-2023

| Év | Genotípusok | | | | | | SZD _{5%} |
|-------|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-------------------|
| | KG Apavár | KG Pusztá | KH Korsó | KH Rudolf | KH Viktor | SU Ellen | |
| 2017 | 8875,3 | 6387,2 | 7919,1 | 9579,7 | 8214,3 | 9736,1 | 713,02 |
| 2018 | 5557,4 | 5736,4 | 7361,9 | 5845,3 | 7046,0 | 7879,4 | 738,10 |
| 2019 | 9113,2 | 7397,4 | 9077,3 | 7689,1 | 8502,4 | 8793,7 | 587,96 |
| 2020 | 6840,7 | 7872,2 | 7605,1 | - | 7781,5 | 8532,3 | 650,09 |
| 2021 | 9004,0 | 9565,1 | 9710,3 | 10052,5 | 9575,0 | 10215,4 | 669,88 |
| 2022 | 5718,2 | 6469,2 | - | - | - | - | 711,80 |
| 2023 | - | - | 5714,5 | - | - | - | - |
| Átlag | 7518,1 | 7948,0 | 7504,6 | 8291,7 | 8223,8 | 9031,4 | |

A genotípusok termésstabilitását elemezve megállapíthatjuk, hogy az lineáris függvények jól illeszkednek az adatokra, az R² értéke 0,8372 és 0,9429 között változott. Jelentős eltéréseket tapasztaltunk a genotípusok között. A lineáris regressziós függvények alapján a 'KH Viktor'

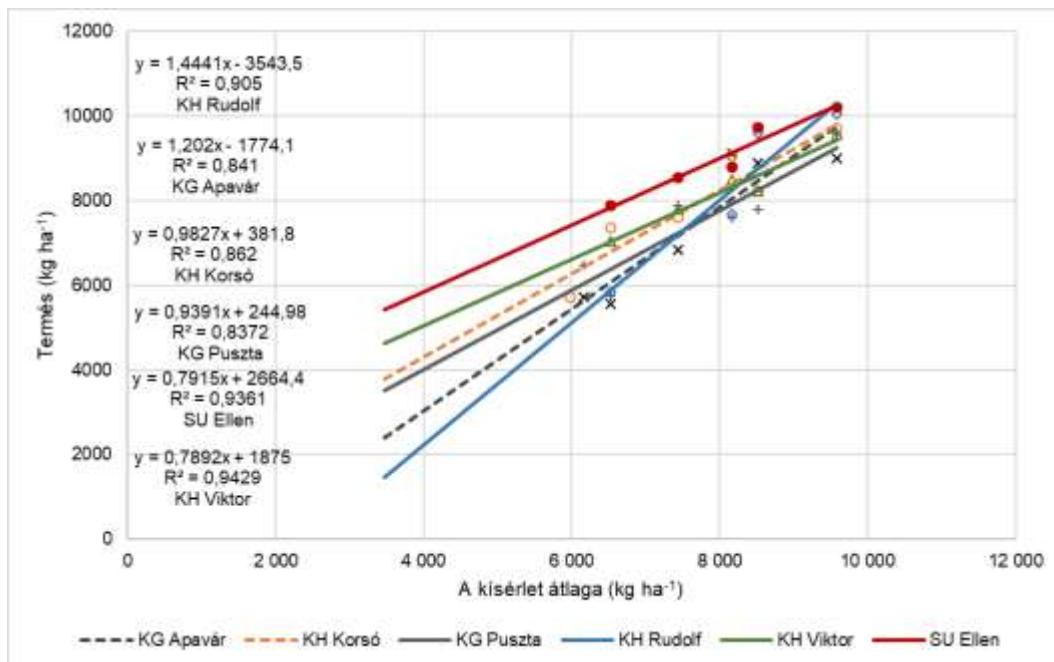
fajtanak volt a legjobb termésstabilitása, az egyenes meredeksége ($a = 0,7892$) itt volt a legkisebb (1. ábra). A 'SU Ellen' volt a második legstabilabb ($a = 0,7915$), és emellett az illesztett egyenes a többi genotípusé fölött futott, ami azt jelenti, hogy a termése a legnagyobb volt minden vizsgált évjáratban. Ez mutatja a nagy termőképességét, illetve emellett a jó alkalmazkodó-képességét. A legjobban a 'KH Rudolf' termése változott a javuló környezeti tényezők hatására, az egyenes meredeksége a legnagyobb volt ($a = 1,4441$).

A fehérjetartalom stabilitását vizsgálva szintén megállapíthatjuk, hogy a függvények illeszkedése jó, az R^2 értéke 0,5562 és 0,9639 között változott (2. ábra). Legkevésbé a 'KG Pusztá' fehérjetartalma változott az évjáratokban ($a = 0,3784$), a legkisebb és legnagyobb érték között 0,988% volt az eltérés. A 'KH Viktor' esetében ez az érték elérte a 2,767%-ot, ennek a genotípusnak volt a legkisebb stabilitása a fehérjetartalom tekintetében ($a = 2,137$), a javuló környezeti feltételek hatására intenzíven nőtt a fehérjetartalma.

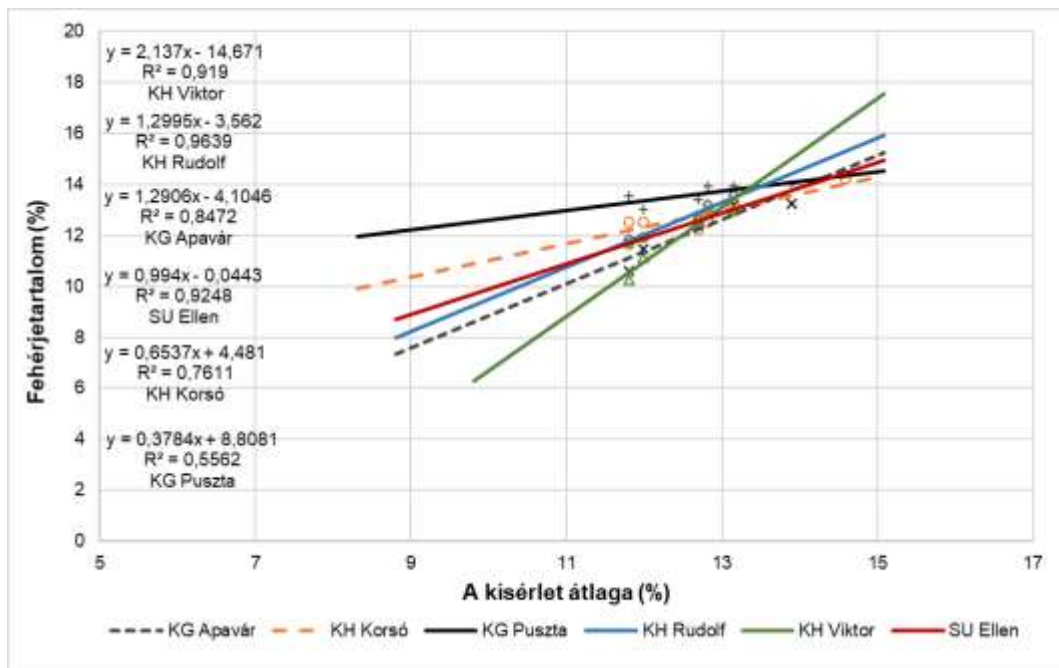
A termés és fehérjetartalom adatok felhasználásával kiszámoltuk a hektáronkénti fehérjetermést is. Ennek a stabilitását elemezve megállapíthatjuk, hogy a 'SU Ellen' stabilitása közepes ($a = 0,8361$), de az egyenes a többi genotípusé fölött helyezkedik el, tehát minden vizsgált évben ez a genotípus adta a legnagyobb fehérjetermést. Ebben a paraméterben a legstabilabb a 'KG Pusztá' ($a = 0,7906$), a legkevésbé stabil pedig a 'KH Rudolf' ($a = 1,1731$) volt. Az eredmények kiegyenlítettebbek voltak, mint a termés vagy a fehérjetartalom esetében (3. ábra).

Elemeztük az őszi árpa genotípusok termése és fehérjetartalma közötti összefüggést is (4. ábra). Az ábrán jól látszik, hogy két genotípus jól elkülönül a többitől. A 'SU Ellen' esetében a nagy termés ($9031,4 \text{ kg ha}^{-1}$) mellett viszonylag alacsony fehérjetartalmat (12,4%) mértünk, míg a 'KG Pusztá' esetében a relatíve kis termés ($7711,7 \text{ kg ha}^{-1}$) mellett nagy volt a fehérjetartalom (13,55%). A 'KG Apavár' genotípusnál a második legkisebb termés ($7878,1 \text{ kg ha}^{-1}$) mellé a második legkisebb fehérjetartalom (12,1%) társult.

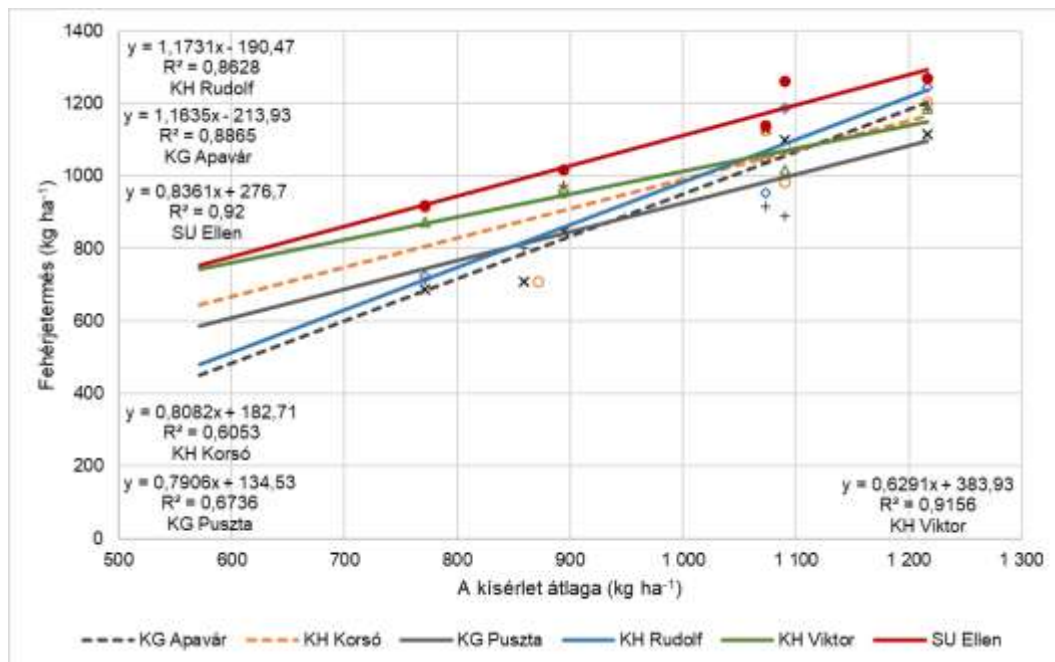
1. ábra Az őszi árpa genotípusok termésének stabilitása, Látókép, 2017-2023



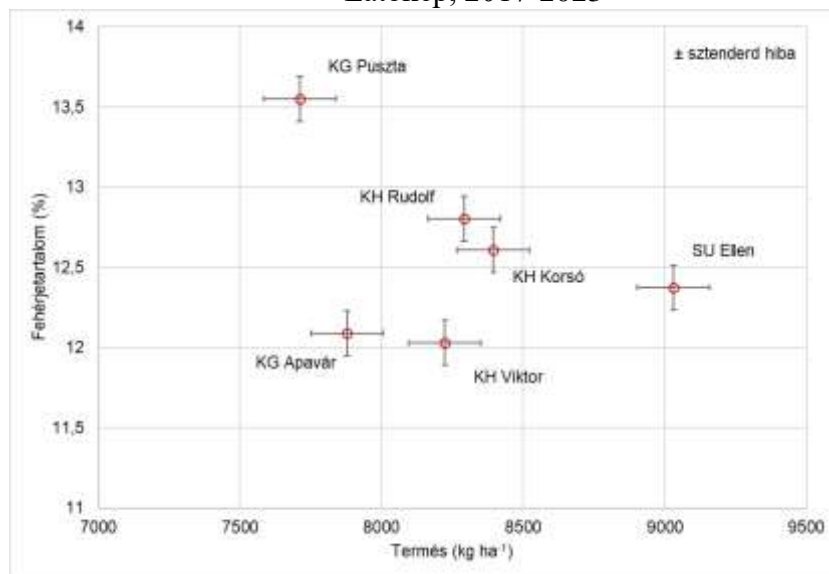
2. ábra Az őszi árpa genotípusok fehérjetartalmának stabilitása, Látókép, 2017-2023



3. ábra Az őszi árpa genotípusok fehérjetermésének stabilitása, Látókép, 2017-2023



4. ábra Az őszi árpa genotípusok termésének és fehérjetartalmának összefüggése, Látókép, 2017-2023



Irodalom

- Al-Ajlouni, Z.I., Al-Abdallat, A.M., Al-Ghzawi, A.L.A., Ayad, J.Y., Abu Elenein, J.M., Al-Quraan, N.A. Baenziger, P.S. (2016): Impact of Pre-Anthesis Water Deficit on Yield and Yield Components in Barley (*Hordeum vulgare* L.) Plants Grown under Controlled Conditions. *Agronomy* **6**, 33. doi:10.3390/agronomy6020033.
- Bertholdsson, N.O. (2013): Screening for Barley Waterlogging Tolerance in Nordic Barley Cultivars (*Hordeum vulgare* L.) Using Chlorophyll Fluorescence on Hydroponically-Grown Plants. *Agronomy* **3**, 376–390. doi:10.3390/agronomy3020376.
- Blum, A. (1993): Selection for Sustained Production in Water Deficit Environments. In *International Crop Science I*; Crop Science Society of America (CSSA): Madison, WI, USA, 343–347.
- Carter, A.Y., Hawes, M.C., Ottman, M.J. (2019): Drought-Tolerant Barley: I. Field Observations of Growth and Development. *Agronomy* **9**, 221. doi:10.3390/agronomy9050221.
- Csajbók, J. Pepó, P. Kutasy, E. (2020): Photosynthetic and Agronomic Traits of Winter Barley (*Hordeum vulgare* L.) Varieties. *Agronomy* **10**, 1999. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121999>
- Degl'Innocenti, E., Hafsi, C., Guidi, L., Navari-Izzo, F. (2009): The effect of salinity on photosynthetic activity in potassium-deficient barley species. *J. Plant Physiol.* **166**, 1968–1981. doi:10.1016/j.jplph.2009.06.013.
- Hein, J.A., Sherrard, M.E., Manfredi, K.P., Abebe, T. (2016): The fifth leaf and spike organs of barley (*Hordeum vulgare* L.) display different physiological and metabolic responses to drought stress. *BMC Plant Biol.* **16**, 1–12. doi:10.1186/s12870-016-0922-1.
- Hejnak, V., Zamecnikova, B., Neckarova, J. (2011): The influence of high sodium and chlorine ion concentration on physiological responses of various spring barley varieties. *Turk. J. Field Crops* **16**, 93–98.
- Kádár, I., Csathó, P. (2013): N-Cu interactions in a field experiment on spring barley. *Agrokém. Talajt.* **62**, 345–358. doi:10.1556/agrokem.62.2013.2.12.
- Oukarroum, A., El Madidi, S., Schansker, G., Strasser, R.J. (2007): Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OJIP under drought stress and re-watering. *Environ. Exp. Bot.* **60**, 438–446. doi:10.1016/j.envexpbot.2007.01.002.
- Song, T., Yang, F., Das, D., Chen, M., Hu, Q., Tian, Y., Cheng, C., Liu, Y., Zhang, J. (2020): Transcriptomic analysis of photosynthesis-related genes regulated by alternate wetting and drying irrigation in flag leaves of rice. *Food Energy Secur.* **9**(3), e221. doi:10.1002/fes3.221.

A 'MAGYAR' MAJORANNA FAJTA ÉS A MINŐSÉGÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

Zámboriné Németh Éva

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Gyógy- és Aromanövények Tanszék, Budapest

A majoranna (*Majorana hortensis* Mönch. syn. *Origanum majorana* L.) egy jól ismert gyógy- és fűszernövényünk. Mediterrán eredetű faj, amit azonban már szerte Európában is természetnek egyéves kultúráként. Gyógyhatását és aromaanyagait az illó vegyületek, a belőle előállítható illóolaj adják, de fontosak polifenol komponensei is. Leggyakrabban fosztott, morzsolt áruként kerül forgalomba. A majoranna nemesítésével nem sok országban foglalkoznak, a CPVO regiszterben felsorolt fajták nagy része nem elérhető, a hazai fajtalistán pedig mindössze két államilag elismert fajta szerepel, a 'Francia' (1957-es nemesítésű!) és a 'Magyar' fajta. Utóbbi a Gyógy- és Aromanövények Tanszék fajtája, ahol a nemesítési cél a felegyenesedő habitus, nagy zöldtömeg és levélarány valamint magas illóolajtartalom volt.

A fajta az összehasonlító kísérletekben kiemelkedően viselkedett és a fenntartása során a beltartalmi értékei (illóolaj rendszeresen 2% sz.a. felett) tovább javultak. Az utóbbi években a fenntartás mellett azt vizsgáljuk, hogy milyen tényezők befolyásolják e genotípuson belül a realizálható hozamot és drogminőséget. Az előadásban ezen vizsgálatokat mutatjuk be összefoglalóan.

A termőhelyi hatások jelentősen módosíthatják a majoranna illóolaj felhalmozódását, elsősorban az időjárási viszonyok következtében. Ebből kifolyólag egyazon vegetációs időszakban a két vagy esetenként három egymást követő betakarítás is adhat lényegesen eltérő minőséget.

A termőhely mellett, – de azzal nyilvánvalóan kölcsönhatásban – az egyes növényi szervek egymáshoz viszonyított aránya is fontos befolyásoló tényező. A betakarított növényanyag ugyanis tartalmaz szár, levél és virágzati részeket, amelyek nem egyformán gazdagok illó anyagokban, hiszen az illóolajat raktározó mirigyek megjelenése sem azonos. E tényezőt részben a vágási idővel (fenofázis) részben pedig a posztharvest feldolgozás során tudjuk szabályozni.

A majoranna –feltételezhetően déli jellegéből adódóan- nem reagál nagyon érzékenyen a szárazságstresszre. Bár ilyen esetben (pl. 40%-os vízkapacitású talajban) a biomassa jelentősen csökken, az illó komponensek koncentrációja nem esik vissza. Megváltozhat azonban az egyes komponensek aránya, s ezzel az illóolaj gyógyhatása, aromája is.

A piaci viszonyok között kiemelkedő szempont a minőségi áru előállítása. A korszerű termesztéstechnológiában a hatékonyság növelésének egyik eszköze lehet az elicitáció is, amit ma *in vivo* még ritkán alkalmaznak. Növényi hormon kezelések hatását tanulmányozva a majorannában 4 éven át, úgy tűnik, hogy metiljazmonátos permetezéssel a hatóanyag-tartalom szignifikánsan javítható a zöldhozam csökkenése nélkül. Ugyanez a ma nagyszámban kapható kondicionáló szerekkel is hatékony lehet, mindkét eljárás azonban erősen évjárat függő.

NAGY ÁTERESZTŐKÉPESSÉGŰ FENOTIPIZÁLÓ RENDSZER MŰKÖDÉSE ÉS ALKALMAZÁSA A BÚZANEMESÍTÉSBEN MARTONVÁSÁRON

Darkó Éva, Garai Tamás, Hollós Roland és Molnár István

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

2023-ban a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetében átadásra került egy nagy áteresztőképességű fenotipizáló rendszer. Ez a kb 220 m²-en elhelyezkedő komplexum tartalmaz két növénynevelő egységet és egy többfunkciós mérőkamrát.

A növénynevelő kamrákban a környezeti feltételek (hőmérséklet, páratartalom, fény intenzitása és spektrális összetétele) széles tartományban változtatható, programozható, így akár szélsőséges klimatikus viszonyok is megteremthetők. A CO₂ szint megemelésével (400-1500 ppm-ig) lehetőség van az emelkedő CO₂ szint növényekre gyakorolt hatásának tanulmányozására is. A növénynevelő kamrák automatikus öntözőrendszerrel vannak felszerelve, melyek lehetővé teszik a növények öntözését akár vízzel, akár tápoldattal. A vízmegvonás szabályozásával a szárazságstressz hatása külön, vagy egyéb környezeti stresszekkel (pl. hőség) együtt vizsgálható.

A mérőkamrában vannak elhelyezve a különböző szenzorok. A klorofill *a* fluoreszcencia detektálására alkalmas szenzor segít a fotoszintetikus elektrontranszport folyamatok vizsgálatában. Emellett a mérőkamrában lehetőség van fluorokrom festékekkel (pl. DAPI, SYBR Green, YFP, GFP) megjelölt folyamatok kimutatására. Az infravörös spektroszkópia segítségével a növények abszolút és relatív hőmérséklete meghatározható. Az RGB szenzorokkal detektálhatók a növények jellemző morfológiai paraméterei (növény magassága, felület, kerület és színe). A 3D lézer szkennelés segítségével elkészíthető a növények 3D-s strukturális képe. A hiperspektrális kamerák 380-1700 nm-s spektrális tartományban mérik a növény felületéről visszaverődő fénysugarakat, melyek segítségével számos anyagcsere-folyamat jellemezhető.

Az ATK-ban a nagy áteresztőképességű fenotipizáló rendszert főként gabonafélék, köztük búza, árpa vagy kukorica nevelésére és jellemzésére használjuk, de hozzáférhető más felhasználók számára is. A fenotipizáló rendszer segítségével a kedvezőtlen környezeti feltételek hatásai a növények növekedésére és fejlődésére, valamint stresszre adott válaszreakciók gyorsan és roncsolásmentesen tanulmányozhatók. Ez a komplex berendezés elősegítheti az eltérő agronómiai tulajdonságokkal rendelkező genotípusok gyors és hatékony tesztelését és szelekcióját. Mindez hozzájárulhat a nemesítés hatékonyságának növeléséhez. Az előadásban a kezdeti eredmények felhasználásával szeretném bemutatni a rendszer működését.

A kutatásokat az OTKA (K131907) és a TKP (2021-NKTA-06) pályázatok támogatták.

KUKORICA SZILÁZS MINŐSÉGI PARAMÉTEREINEK JAVÍTÁSÁT CÉLZÓ TERMÉKFEJLESZTÉSI MUNKÁK A GABONAKUTATÓBAN

Nagy Zoltán, Móroczné Salamon Katalin, Balassa György, Kálmán László, Mesterházy
Ákos, Szabó Balázs, Szél Sándor

Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged, Táplánszentkereszt

Az állattenyésztő gazdaságok, különösen a hús- és tejtermelő szarvasmarha telepeken nagyon fontos a takarmány minősége. A sziláznak magas energiatartalommal kell rendelkeznie és az emészthetőségnek is optimális paramétereknek kell megfelelnie. A gazdaságos állati termék előállítás csak jó minőségű, könnyen emészthető és jól hasznosuló takarmányok etetésével valósítható meg. Az egységnyi területről nyerhető összes energiatartalom tekintetében európai viszonylatban egyetlen tömegtakarmány sem versenyezhet a silókukoricával. A korábbi évtizedek gyakorlatában sokan azt tartották, hogy a jó silókukorica hibrid kiválasztásához a szemes hibridek esetében vizsgált tulajdonságok is megfelelőek. Ma már általánosan elfogadott, hogy a silókukorica hibridek értékelésekor vizsgálni kell a hektáronkénti zöldtömeg hozamot, a szárazanyag termést, és ezen belül a csőarányt. A cső szárazanyag-tartalmának az összes szárazanyag terméshez viszonyított aránya alapvetően meghatározza a nettó energiatartalmat. A kukoricaszemben raktározott keményítő energiatartalma magas, és az itt található többi szerves anyag (fehérje-, olajtartalom) emészthetősége is jó az alacsony lignin tartalom miatt.

Az NÉBIH hivatalos fajta összehasonlító kísérleteiben 2009 évtől kezdődően, a fenn említett tulajdonságokon túl vizsgálják a silókukorica hibridek energiatartalmát is. Ennek meghatározásához szükség van a teljes kukoricánövény weendei analízisére. A szárazanyagban található nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost, nyershamu és N-mentes kivonat (számolt) ismeretében számítással határozzák meg az összes energiatartalmat.

Silókukorica nemesítésünket a fenti szempontok figyelembevételével végezzük a Gabonakutatóban. Mivel a nagy zöldtömeg megléte is fontos szempont, nemesítési programunkban elsősorban a FAO 400-500 számú éréscsoportra koncentrálnak. Kísérleti rendszerünk eredményességét mutatja, hogy az elmúlt években több közép és kései érésű silókukorica hibridünk kapott állami elismerést.

Azonban a takarmány minőségi tulajdonságait nem csak az emészthetőség és energiatartalom határozzák meg, hanem a toxintartalom is. Ha egy adott fajta érzékeny a gombabetegségekre (*Fusarium*, *Aspergillus*) akkor hiába takarítható be nagymennyiségű, jól emészthető takarmány az nem etethető fel az állatokkal csak komoly anyagi ráfordítással (toxinkötők) és akkor is jelentkezhetnek problémák az állatok növekedésében, fejlődésében és toxinok jelenhetnek meg az tej és hústermékekben. A Gabonakutatóban a fajtajelölt hibrideknek vizsgáljuk a gombabetegségekkel szembeni ellenállóságát mesterséges fertőzésekkel. Az állami elismerést kapott hibridek átlag feletti ellenállóságot mutatnak több gombafaj okozta betegséggel szemben is.

A VÍZBORÍTÁS ÉS A SZÁRAZSÁGSTRESSZ HATÁSAI ŐSZI BÚZAJAJTÁK GYÖKÉRMORFOLÓGIÁJÁRA

VARGA BALAZS, GYÖRGY MÁRTON, FARKAS ZSUZSANNA és VEISZ OTTÓ

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A klímaváltozás következményeként a szélsőséges időjárási helyzetek gyakorisága növekszik hazánkban, ezek közül is a szélsőségesen nedves és száraz periódusok váltakozása állítja legnagyobb kihívás elé a gazdálkodókat. Modellkísérletben, üvegházi körülmények között homokcsöves kísérleti rendszerben két eltérő éréscsoportba tartozó és különböző fenológiai tulajdonságokkal rendelkező őszi búzafajta ('Mv Ikva' és 'Mv Nádor') gyökérstruktúráját vizsgáltuk. A növényeket 75 cm magas, 11 cm átmérőjű, KH-30 osztályozási minőségű homokkal töltött PVC hengerbe ültettük. A növénynevelés során a bokrosodás időszakában belvív-szimulációt végeztünk oly módon, hogy a természetközéget vízzel telítettük, valamint a szárba indulás időszakában teljes vízmegvonást alkalmaztunk. A két kezelés kombinációját is vizsgáltuk és a stresszelt növények gyökérparamétereit a kontroll kezeléshez viszonyítottuk. A bokrosodáskor szimulált vízmegvonás hatására az 'Mv Ikva' fajtánál szignifikánsan növekedett a gyökértömeg és a gyökérszár hossza, azonban a szárbainduláskor indukált vízmegvonásnak nem volt kimutatható hatása. Az 'Mv Nádor' fajtánál a belvív-szimuláció nem volt hatással a gyökértömegre és annak hosszára, viszont a szárbainduláskor indukált vízhiányos állapot szignifikánsan csökkentette ezeket a paramétereket. Mindkét fajtánál kimutattuk, hogy a szimulált belvívborítást követő vízhiányos állapot esetében a belvívborítás kedvező hatása ellensúlyozta a vízhiány negatív következményeit.

Kulcsszavak: abiotikus stresszrezisztencia, termésnövekedés, növényi vízfogalom, klímaváltozás

EFFECTS OF THE WATERLOGGING AND THE DROUGHT STRESS ON THE ROOT MORPHOLOGY OF WINTER WHEAT GENOTYPES

B. VARGA, ZS. FARKAS, GY. MÁRTON and O. VEISZ

HUN-REN Centre for Agricultural Research Agricultural Institute, Martonvásár

As a consequence of the climate change, the frequency of extreme weather events has been increased. Among the extreme events, the fluctuations of extraordinarily wet and dry periods impact the field crop production. In a model study, the root structure of two winter wheat genotypes ('Mv Ikva' and 'Mv Nádor') was examined in sand tubes whose height and diameter were 75 cm and 11 cm, respectively. The PVC tubes were filled with KH-30 classified sand and the plants were watered with half-strength Hoagland solution. Waterlogging was simulated at the tillering stage and water withdrawal at the stem elongation. In another treatment, the two stressors were combined. The impacts of the stress treatments on the root morphology were evaluated in terms of the well-watered control. The waterlogging at the tillering stage induced an increase in the root length and root dry mass of 'Mv Ikva', while the water withdrawal at the stem elongation stage did not impact these parameters. The simulated waterlogging did not induce changes in the root length and biomass of 'Mv Nádor', but the water shortage at the stem elongation resulted in a significant decrease in both parameters. It was concluded that waterlogging at the early developmental stage can counterbalance the negative impact of the water shortage arising in the later stages of the vegetation.

Key words: abiotic stress resistance, yield reduction, water use, climate change

Bevezetés

A globális klímaváltozás hatásaival szemben a Kárpát-medence kitétsége fokozott mértékű. A felmelegedés trendje hazánkban jelentősen meghaladja a globális átlagot, emellett a csapadék időbeli átrendeződése és a csapadékkoncentráció növekedése figyelhető meg (Barcza et al. 2013). A 2022-ben bekövetkezett rendkívül súlyos aszály és az azt követő, 2023-ban tapasztalt csapadékos időjárás szemléletes módon mutatta be, hogy milyen helyzetekhez kell

alkalmazkodni a jövőben a szántóföldi gazdálkodásban. Jelentős átfedés figyelhető meg a belvízborítotttsággal veszélyeztetett és az aszály által leginkább sújtott területek között hazánkban (Várallyay 2010), így a vízborítás és a vízhiány egyazon területen egy tenyészidőszakon belül egymást követően is jelentkezhetnek. Számos tanulmány vizsgálta különböző kalászos fajok és fajták szárazságtűrő képességét és a stresszhatásra bekövetkező növényfenológiai és biokémiai változásokat (Farkas et al. 2021, Bányai et al. 2020). A talaj feletti biomassza elemek mérése és összehasonlítása technikailag egyszerűen kivitelezhető, azonban a gyökérzet mennyisége, annak struktúrája és az egyes genotípusok gyökerezési stratégiájának meghatározása kihívások elé állítja a kutatókat. A gyökérzet szerepe viszont elsődleges a növény víz- és tápanyagforgalma szempontjából (Smith és De Smet 2012). A szárazságtűrő képességet két agronómiai paraméter is jelentősen befolyásolja, egyrészt az érési idő, ezen keresztül a tenyészidőszak hossza, másrészt pedig a növény habitusa (Foulkes et al. 2007, Bai et al. 2013). Kutatásaink célja az volt, hogy megvizsgáljuk két eltérő éréscsoportba tartozó és eltérő fenológiai tulajdonságokkal rendelkező, a köztermesztésben is elterjedt őszi búzafajta gyökérstruktúráját optimális körülmények között, valamint különböző stresszkezelések mellett. Célunk volt annak a meghatározása, hogy milyen különbségek mutathatók ki a fajták gyökérmorfológiájában, továbbá, hogy a gyökérzet hogyan járul hozzá ezen fajták jó alkalmazkodóképességéhez.

Anyag és módszer

Kutatásunkat Martonvásáron az ATK Mezőgazdasági Intézet kísérleti üvegházában végeztük. A kísérletben két martonvásári nemesítésű őszi búzafajtát, a fajtasortiment legrövidebb tenyészidejű fajtáját az 'Mv Ikvát' és a korai éréscsoportba tartozó, kifejezetten alacsony, intenzív típusú, nagy termőképességű 'Mv Nádor' fajtát vizsgáltunk. A 42 napos vernalizációt követően 75 cm magas és 11 cm átmérőjű, KH-30 típusú homogén szemcse-összetételű homokot tartalmazó PVC csövekbe egy-egy növényt ültettük. A PVC csövekbe először egy, az egyik végén lehegesztett átlátszó fóliát helyeztünk és a homokot a fóliazsákokba töltöttük. A tenyészedeényeket üvegházi kamrában speciális tartószerkezetben helyeztük el és a növénynevelés szabályozott klimatikus körülmények között zajlott. A növények víz és tápanyagszükségletét feles dózisú Hoagland tápoldattal biztosítottuk, hetente háromszor öntöztünk. A kísérletben 4 kezelés hatását vizsgáltuk a gyökértulajdonságokra. A kontroll kezelésben a növények számára a teljes tenyészidőszakban folyamatos víz és tápanyagellátást biztosítottunk. A második kezelésben vízborítást szimuláltunk (WL) a bokrosodás időszakában (BBCH 21; Uwe 2018), melynek során vízzel töltöttük fel a PVC hengereket oly módon, hogy a homok felszíne felett a vízréteg magassága 2-3 cm legyen. A vízborítást 10 napig tartottuk fent, ezt követően a PVC cső alján a fólia kilyukasztásával szüntettük meg az elárasztást. Harmadik kezelésként a szárbaindulás kezdetén (BBCH 31) teljes vízmegvonást alkalmaztunk, melynek során 21 napig tartó teljes vízmegvonást alkalmaztunk (DS). Ezt követően a növények víz és tápanyagellátását helyreállítottuk. A negyedik kezelésben kombináltuk a vízmegvonást és a szimulált szárazságstresszt (WL+DS). A kombinált kezelésben a korábban vízborítással kezelt növényeknél 21 napig tartó vízmegvonással szimuláltuk a vízhiányos időszakot, mert a korábban telített természetközeg nem száradt volna ki olyan mértékben, hogy a vízhiány hatása kimutatható lett volna. Viaszéréskor (BBCH 85) mértük a növénymagasságot, a friss és száraz talajfeletti biomassza tömegét. A fóliazsákkal együtt a homokot kiemeltük a PVC csőből, majd a fólia eltávolítása után folyóvízzel kimostuk a teljes gyökérzetet a természetközegből. A gyökérparamétereket alapos mosást követően WinRHIZO Pro szoftverrel és a hozzá kapcsolódó szkennelvel határoztuk meg. A mérés során meghatároztuk egy növény teljes gyökérhosszát, a gyökerek átlagos átmérőjét, valamint a gyökérzet felszínét. Mértük továbbá a száraz gyökértömeget. Az adatok statisztikai értékeléséhez SPSS 16.0 programot használtunk. A kezeléshatások kimutatását egy és kéttényezős ANOVA-val végeztük, majd az átlagokat LSD teszttel hasonlítottuk össze $p < 0,05$ szignifikancia szinten. A fajtákat az egyes kezelésekből Student-féle t -próbával hasonlítottuk össze.

Eredmények

A kéttényezős varianciaanalízis alapján mind a vízellátás mind a genotípus hatása szignifikánsnak bizonyult azonban a két faktor interakciója nem volt szignifikáns, ezért a fajtán

belül a kezelések közötti különbségek meghatározásához egytényezős varianciaanalízist végeztünk és a kezelésközvetlen közötti szignifikáns különbségeket SZD próbával határoztuk meg. A két vizsgált fajta között az adott kezelésen belül a statisztikailag igazolható különbségeket Student-féle *t*-próbával mutattuk ki (1. táblázat).

A bokrosodáskor szimulált vízborítás szignifikánsan 81%-kal növelte az 'Mv Ikva' gyökértömegét, ami azt eredményezte, hogy ebben a kezelésben a teljes gyökérhossz növényenként 97%-kal növekedett és egy növény átlagos gyökérhossza 55,39 méter volt. A szárbainduláskor szimulált szárazságstressz sem a gyökértömegben sem a gyökérhosszban nem eredményezett szignifikáns változást az 'Mv Ikva' esetében, melynek oka feltehetően az volt, hogy ennél a rövid tenyészidejű fajtánál a szimulált aszály hatására felgyorsult a generatív fázisban a gyökérszövet degradációja és a tápanyagok szemekbe történő transzlokációja. A gyökértömeg és a gyökérhossz kismértékben meghaladta a WL+DS kezelésben a csak szárazságstresszelt növények értékeit, vagyis a vízborítás pozitív hatása a gyökérfejlődésre ebben a kezelésben is megfigyelhető volt, azonban a különbség a WL+DS és a DS kezelések között statisztikailag nem volt igazolható. A gyökerek átlagos átmérője 14%-kal, szignifikánsan növekedett a szárazság-stressznek kitett növények esetében, ami alátámasztja, hogy a kis átmérőjű, hajszálgyökerek lebomlása megkezdődött a szárazság-stressz hatására. Ez a tendencia magyarázza Varga és munkatársai (2015) megállapításait, ami szerint a korai búzafajták esetében a szárbainduláskor jelentkező szárazság-stressz hatásait a későbbiekben helyreálló vízellátás már nem tudja ellensúlyozni. Az aktív gyökérfelszín a legfontosabb mutató a növény víz és tápanyagforgalma szempontjából. Az 'Mv Ikva' gyökérfelszíne a WL+DS kezelésben volt a legnagyobb (361 cm²), mely szignifikánsan különbözött a WL és a kontroll kezelésben mért gyökérfelszíntől. A gyökértömeghez és a gyökérhosszhoz hasonlóan a gyökérfelszín is szignifikánsan, 32,2%-kal növekedett belvízborítás hatására az 'Mv Ikva' esetében a kontroll kezeléshez képest.

1. táblázat A bokrosodáskor szimulált belvízborítás, a szárbainduláskor indukált vízhiány és a két stressz kombinációjának hatása őszi búzafajták gyökérparamétereire

| Fajta | Kezelés | Gyökértömeg (g) | Gyökérhossz (cm) | Gyökér átmérő (mm) | Gyökérfelszín (cm ²) |
|----------|----------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Mv IKVA | Kontroll | 0,0573±0,0102 ^{bb} | 2810,0±675,5 ^{bb} | 0,230±0,0155 ^{ba} | 197,0±35,76 ^{cb} |
| | WL | 0,1037±0,0101 ^{ab} | 5539,2±1031 ^{aa} | 0,240±0,0002 ^{ba} | 260,4±20,97 ^{bb} |
| | DS | 0,0453±0,0161 ^{bb} | 1749,1±598,8 ^{bb} | 0,262±0,0078 ^{aa} | 310,0±27,74 ^{abb} |
| | WL+DS | 0,0553±0,0217 ^{bb} | 2777,1±692,4 ^{bb} | 0,228±0,0109 ^{bb} | 361,1±53,7 ^{ab} |
| Mv NÁDOR | Kontroll | 0,2340±0,0790 ^{aa} | 5562,2±1378,3 ^{aa} | 0,244±0,0096 ^{aa} | 430,2±45,33 ^{aa} |
| | WL | 0,1890±0,0393 ^{aba} | 6389,4±370,6 ^{aa} | 0,257±0,013 ^{aa} | 430,5±18,38 ^{aa} |
| | DS | 0,1440±0,0332 ^{ba} | 3352,7±456,2 ^{ba} | 0,280±0,022 ^{ba} | 385,3±23,24 ^{ba} |
| | WL+DS | 0,1720±0,0017 ^{aba} | 5464,5±222,7 ^{aa} | 0,251±0,008 ^{aa} | 448,5±20,67 ^{aa} |

WL – belvízborítás, DS – szárazságstressz, WL+DS – szimulált belvízborítás majd szárazságstressz, a bemutatott adatok átlagok és szórás értékek, n=3, indexben a kis betűk jelölik a szignifikáns különbségeket fajtán belül a kezelések között (SZD-teszt), a nagybetűk jelölik a szignifikáns különbségeket a fajták között adott kezelésen belül (Student-féle *t*-teszt).

Az 'Mv Nádor' fajtánál a bokrosodáskor szimulált belvízborítás nem eredményezett csökkenést a gyökértömegben és a gyökérszövet teljes hosszában, azonban a szárbainduláskor jelentkező szárazság-stressz 19,7%-kal csökkentette a gyökértömeget és 50,3%-kal a növényenkénti gyökérhosszt. A kombinált kezelésben (WL+DS) a gyökérhossz és a gyökértömeg nem különbözött szignifikánsan a kontrolltól, valamint a belvízborítással kezelt növényektől. Az 'Mv Nádor' gyökérátmérője a szárazságstresszelt állományban szignifikánsan megnőtt a többi kezelésben mért értékekhez viszonyítva. Az aktív gyökérfelszín tekintetében nem volt szignifikáns eltérés a kontroll, a belvízborítással kezelt és a kombinált stressz-kezelést kapott növények között, viszont a szárazság-stressz 11,5%-kal szignifikánsan csökkentette az 'Mv Nádor' gyökérfelszínét, ami a gyökérhossz és gyökérátmérő csökkenésével együtt azt jelzi, hogy a legvékonyabb gyökerek már bomlásnak indultak és nem kerültek be az elemzésbe. Az 'Mv Nádor' gyökértömege minden kezelésben szignifikánsan magasabb volt, mint az 'Mv Ikva' fajtáé, ami azért érdekes adat, mert a nagyobb gyökértömeg jelentősen alacsonyabb szárhosszúsággal párosul az 'Mv Nádor' fajtánál. Ez a tulajdonság lehet az egyik magyarázata a fajta jó alkalmazkodóképességének és széleskörű elterjedésének. A gyökérhossz tekintetében az 'Mv Ikva' adatai a belvíz-szimulációs kezelés kivételével elmaradtak az 'Mv Nádor' fajta

értékeitől, a belvízborítás viszont olyan intenzív gyökérnövekedést indukált az 'Mv Ikva' fajtánál, hogy ebben a kezelésben szignifikáns különbség nem volt a két vizsgált fajta között. A gyökerek átmérőjében egyedül a WL+DS kezelésben volt szignifikáns különbség, az 'Mv Nádor' gyökérátmérője 10,2%-kal volt nagyobb, mint az 'Mv Ikva' fajtáé. Az 'Mv Nádor' gyökérfelszíne minden kezelésben szignifikánsan meghaladta az 'Mv Ikvánál' mért értékeket, a legnagyobb különbség a kontroll kezelésben jelentkezett (118,4%).

Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat a TKP2021-NKTA-06 számú pályázat és a BO/00384/23/4 számú Bolyai János Kutatási ösztöndíj pályázat támogatta.

Irodalom

- Bai, C., Liang, Y., Hawkesford, M. J. (2013): Identification of QTLs associated with seedling root traits and their correlation with plant height in wheat. *Journal of Experimental Botany*, **64(6)**, 1745–1753. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert041>
- Bányai, J., Kiss, T., Gizaw, S. A., Mayer, M., Spitzkó, T., Tóth, V., Kuti, C., Mészáros, K., Láng, L., Karsai, I., Vida, G. (2020): Identification of superior spring durum wheat genotypes under irrigated and rain-fed conditions. *Cereal Research Communications*, **48(3)**, 355–364. <https://doi.org/10.1007/S42976-020-00034-Z>
- Barcza, Z., Bartholy, J., Bihari, Z., Lakatos, M., Mészáros, R., Pieczka, I., Pongrácz, R., Práger, T., & Radics, K. (2013): *Klímaváltozás: Szerkesztő: Bartholy Judit és Pongrácz Rita*. 180. <http://www.renderx.com/>
- Farkas, Z., Anda, A., Vida, G., Veisz, O., Varga, B. (2021): CO₂ responses of winter wheat, barley and oat cultivars under optimum and limited irrigation. *Sustainability (Switzerland)*, **13(17)**, 1–23. <https://doi.org/10.3390/su13179931>
- Foulkes, M. J., Sylvester-Bradley, R., Weightman, R., Snape, J. W. (2007): Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. *Field Crops Research*, **103(1)**, 11–24. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.04.007>
- Smith, S., De Smet, I. (2012): Root system architecture: insights from Arabidopsis and cereal crops. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **367**, 1441–1452. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0234>
- Uwe, M. (2018): *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph*. Julius Kühn-Institut. <https://doi.org/10.5073/20180906-074619>
- Várallyay, G. (2010): A talaj, mint víztározó, talajszárazodás. *KLÍMA-21 Füzetek*, **59**, 3–25.
- Varga, B., Vida, G., Varga-László, E., Bencze, S., Veisz, O. (2015): Effect of Simulating Drought in Various Phenophases on the Water Use Efficiency of Winter Wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, **201(1)**, 1–9. <https://doi.org/10.1111/jac.12087>

DRASZTIKUS VÍZMEGVONÁS HATÁSA A SZEGEDI BÚZAJAJTÁKRA

Nagy Dániel, Lantos Csaba, Cseuz László, Pauk János

Gabonakutató Nonprofit Kft., Szeged

A növénytermesztésben az abiotikus tényezők közül a szárazságstressz az egyik legaktuálisabb, a vele szembeni ellenállóság növelése rendkívül fontos, a gabonafélék termésbiztonságának egyik meghatározó eleme. A vízhiány a bokrosodási fázisban és a virágzás ideje alatt különösen kritikus, melynek hatására csökken a termés és romlik annak minősége. A hő- és szárazságstresszre adott válaszreakciók megismerése és a toleráns genotípusok beazonosítása kulcsfontosságú a stressztűrő fajták nemesítése érdekében.

A vízmegvonási kísérletben tizenhét elismert és oltalommal védett szegedi búzafajta drasztikus vízmegvonással szembeni válaszát vizsgáltuk, három gazdasági szempontból fontos értékmerő tulajdonság tekintetében (növénymagasság, szemszám, szemtömeg). A fajtákat mindig önmagukhoz hasonlítottuk, a jól öntözött (kontroll) kezelést alapul véve. A vízmegvonás mértékét a visszaesés százalékában fejeztük ki. A kísérleteket üvegházban, kontrollált nevelési körülmények között végeztük el két víznorma mellett. Jó vízellátási körülménynek a talaj 60%-os vízkapacitási értékére beállított vízellátottságot vettük alapul. Stresszelt körülmények között drasztikus vízmegvonást alkalmaztunk, ami a kontroll kezelésben adott víznorma egyharmada volt. Mindkét kezelést kétliteres cserepekben állítottuk be öt ismétlésben, a talaj tözeg és marosi homok keveréke volt, a tápanyag utánpótlást három hónap feltárási idejű komplex műtrágya biztosította. Az ideális öntözővíz normákat súlyméréssel állapítottuk meg. Minden esetben a kontroll növények (öt növény) átlagát hasonlítottuk össze a vízmegvonásnak kitett növények (öt növény) átlagával, majd az eredmények alapján a fajtákat három csoportba soroltuk be. A növénymagasság csökkenés nagymértékben genotípus függő tulajdonság, az általunk vizsgált fajtáknál is eltérő válaszokat kaptunk. A növénymagasság az alig észrevehető, nem egész 10%-os csökkenés (9,32%) és az igen jelentős, közel 30%-os (29,78%) magasságvesztés között váltakozott. A növényenkénti szemszám százalékos csökkenése egy fontos paraméter az aszály hatására bekövetkező termés-csökkenés és ebből kifolyólag a stressz tolerancia meghatározásának szempontjából. A vizsgált fajtáknál minden esetben 50% feletti volt a szemek számának csökkenése. A legkevésbé érzékeny fajta ('GK Zete') is elvesztette a szemek számának több mint felét (53,96%) vízmegvonás hatására a jól öntözött növények összes szemszám adatához képest. E tulajdonság szempontjából a legérzékenyebb vizsgált fajta (GK Szatmár) pedig közel 80%-os (76,72%) szemszám csökkenést mutatott. Nemesítési és termelői szempontból is az egyik legfontosabb, hanem a legfontosabb tulajdonság a szemtermés tömege. Minden vizsgált genotípus a termésének legalább felét elvesztette a drasztikus vízmegvonás hatására. A legtoleránsabb fajta ('GK Zete') is 55,46%-os termésvesztéssel reagált a nagyon komoly vízmegvonás hatására. Azt is fontos megjegyezni, hogy minden vizsgált fajta jobban teljesített ebben a fontos gazdasági jellemzőben, mint a kontrollként használt szárazságtűrő 'Plainsman V.' fajta, mely közel 80%-át (79,19%) elvesztette a termésének a vízhiányos körülmények hatására.

A kísérlet során azt vizsgáltuk, hogy a nemesítési programunkból származó fajták közül, melyek rendelkeznek kedvező vízmegvonás-toleranciával. Az eredményekből jól látható, hogy mely genotípusok viselik jobban a drasztikus vízmegvonást, és ebből kifolyólag kisebb termésdepresszióval termeszthetőek száraz területeken, valamint az is látható, hogy mely fajták termesztése járhat nagyobb termés kieséssel egy vízellátásban szegény tenyészidőszakban.

OZMOTIKUS STRESSZ HATÁSA ŐSZIBÚZA CSÍRANÖVÉNYEK GYÖKÉRFEJLŐDÉSÉRE

GYÖRGY MÁRTON, FARKAS ANDRÁS, FARKAS ZSUZSANNA, MOLNÁR ISTVÁN,
ÉS VARGA BALÁZS

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

Az egyre gyakoribb és súlyosabb aszályos periódusokat eredményező éghajlatváltozás felértékeli azt a kutatói- nemesítői munkát, mely jobb szárazságstressz-tűrő búza törzsek azonosítását és előállítását célozza, növelve ezzel a terméssbiztonságot. Az aszályos időszak átvészelésének egyik legfontosabb összetevője lehet a gyökérfejlődés dinamikája, a gyökérstruktúra kialakulása, mely mind a hatékonyabb vízfelvétel által, mind az „ínséges időszakban” tartalékként segíti a növényeket a generatív fejlődés végéig. Kísérletünkben 18 őszi búzafajta csíranövény gyökérfejlődését vizsgáltuk hidropóniás rendszerben. A csíranövényeket Hoagland oldatban neveltük, melyhez a kezelt csoport esetében 18% töménységben polietilén glikolt (PEG-6000) adtunk, ozmotikusan gátolva a vízfelvételüket. Négy napos kezelést követően a gyökérparamétereket WinRHIZO Pro gyökérszkennel és szoftver segítségével mértük. A PEG kezelés hatására valamennyi fajta összesített gyökérhossza és gyökérfelülete csökkent. Legnagyobb mértékű csökkenést a 'Babuna' és 'Bayraktar' fajtáknál mértük, ahol a csökkenés mértéke a 90%-ot is meghaladta (91,8%, 93,5%), míg négy fajta esetében ('Disponent', 'Aura', 'Salamouni' és 'Scirocco') a csökkenés mértéke az 50%-ot sem érte el. Mind a négy fajta közép és késő érésű csoportba sorolható. A csírázáskori PEG kezelés hatására bekövetkezett gyökérhossz (és volumen) csökkenése párhuzamba állítható a szántóföldi és esősátras kísérletek során szimulált aszálytűrés mértékével. A szántóföldi körülmények között jó szárazságtűrést mutató fajták azonban nem minden esetben viselték jól a csíranövény kori vízhiányt.

Kulcsszavak: abiotikus stresszrezisztencia, PEG, gyökérnövekedés, klímaváltozás

THE EFFECT OF OSMOTIC STRESS ON THE ROOT DEVELOPMENT OF WINTER WHEAT PLANTLETS

GY. MÁRTON, A. FARKAS, ZS. FARKAS, I. MOLNAR, and B. VARGA,

HUN-REN Centre for Agricultural Research, Agricultural Institute, Martonvásár

Keywords: abiotic stress resistance, Polyethylene glycol, root development, climate change

Climate change resulting more frequent and severe drought periods that highlight the importance of breeding aiming to identify drought-tolerant wheat lines, thus increasing food security. One of the most important components of surviving the drought period is the dynamics of root development, the shaping of the root structure, which helps the plant both through more efficient water absorption and is a nutrient reserve for "hard times" until the end of the generative phase. In our experiment, we investigated the root development of 18 winter wheat seedlings in a hydroponic system. The seedlings were grown in Hoagland's solution, to which, - in the case of the treated group - we gave polyethylene-glycol (PEG-6000) at a concentration of 18%, osmotically inhibiting their water absorption. After four days of treatment, the root parameters were measured using the WinRHIZO Pro root scanner and software. As a result of PEG treatment, the total root length and surface area of all varieties significantly decreased. The greatest reduction was measured in the 'Babuna' and 'Bayraktar' varieties, where the reduction in length exceeded 90% (91.8% and 93.5%, respectively), while in the case of four varieties ('Disponent', 'Aura', 'Salamouni' and 'Scirocco') the reduction didn't even reach 50%. All four varieties can be classified into mid- and late-ripening groups. The decrease in root length (and volume) induced by the PEG treatment during germination can be paralleled with the degree of drought tolerance simulated during field and rain shelter experiments. However, some cultivars, showing good drought tolerance under field conditions, did not tolerate low water availability during the seedling stage.

Bevezetés

Az aszály elkerülése és az aszályra való felkészülés a növényekben a vízhiányos állapotokhoz történő adaptáció klasszikus és jól bevált módszerei. A klíma jelenlegi változását nézve a világ számos régiójában egyre kevésbé tűnik biztonságos járható útnak az aszály elkerülése, hiszen a kiszámíthatatlanul, gyakran a tél/tavaszi folyamán jelentkező vízhiány a korai fajtákat is érintheti (Lan et al. 2022). Annál is inkább, mivel ezek a korai búzafajták rendszerint érzékenyebbek a vegetatív fejlődési fázisokban jelentkező száraz periódusokra. A szárazságtűrés egy rendkívül összetett képesség, melyet tulajdonságok egész sora határoz meg (Zia et al. 2021). Egyik kulcsfontosságú eleme a gyökérzet morfológiája és fejlődésdinamikája, mely mind a víz és tápanyagfelvételben, mind a tartalékképzésben fontos tényező (Hoad et al. 2001). Vizsgálata azonban komoly kihívást jelent, így módszerek egész sorával lehet találkozni a gyökér méretének és struktúrájának, a növekedési- és lebomlási dinamika alakulásának feltérképezésében fejlődési stádiumtól függően (Judd et al. 2015). A hidropóniás rendszer segíti a fiatal növények gyökérzetének roncsolás és veszteségmentes vizsgálatát, a vízhiányos állapot stimulálásra pedig több növényfaj esetében alkalmas a nagy molekulaméretű polietilén glikol, ami meggátolja a növényt a vízfelvételben (Peršic et al. 2022).

Kutatásunk célja 18 különböző genetikai hátterű és előzetes vizsgálatok alapján eltérő szárazságtűrő képességgel rendelkező búzafajta gyökérfejlődésének meghatározása volt a csírázást követő héten, optimális körülmények között, illetve ozmotikus stressz esetén. Célunk volt kimutatni a fajták között mutatkozó különbségeket, a kísérleti időszakban képződött teljes gyökérhossz-, átlagos gyökérvastagság- és teljes gyökérfelület tekintetében.

Anyag és módszer

Kutatásunkat Martonvásáron az ATK Mezőgazdasági Intézet Fitotronjában végeztük. Kísérletünkhöz 18, nagy genetikai variabilitást mutató fajtát választottunk ki, az intézet Molekuláris Nemesítési Osztályán korábban végzett kísérletek tapasztalatai alapján. A búzaszemeket 0,5%-os Neomagnol oldatban fertőtlenítettük 3 percig, majd desztillált vízben való háromszori mosást követően 25 °C-on Petri-csészékben nedvesített papíron csíráztattuk a vetőmagokat. Fajtánként nyolc, azonos fejlettségű csíranövényt 8×12-es PCR-platek-re helyeztünk, melynek az alját előzőleg levágtuk oly módon, hogy a magok ne eshessenek át rajta, de a gyökerek szabadon növekedhessenek. A PCR plate-eket azokkal azonos méretű, 14 cm mélységű üvegcádákra helyeztük, melyeket teljes töménységű Hoagland oldattal töltöttünk meg a plate-ek szintjéig. A stresszelt csoport oldatához 18% polietilén-glikolt adagoltunk. Az üvegcádákat növénynevelő szekrénybe helyeztük, ahol a növényeket 25 °C-on neveltük, az oldatok folyamatos forgatása mellett. Kilencvenhat óra elteltével a növényeket kiemeltük a PCR plate-ekről és leválasztottuk a gyökérzetüket. A gyökérparamétereket WinRHIZO Pro gyökérszkenner és szoftver segítségével digitalizáltuk és mértük. A mérés során meghatároztuk egy-egy növény teljes gyökérhosszát, a gyökerek átlagos átmérőjét, valamint a gyökérzet felszínét. Az adatok statisztikai értékelését R-Studio statisztikai program agricolae programcsomagjával (v4.1.2; R Core Team 2021) végeztük. Azonos kezeléson belül a fajtaátlagokat SZD teszttel hasonlítottuk össze $p < 0,05$ szignifikancia szinten, míg a gyökérátmérő esetében a kezelések közötti különbségeket azonos fajtánál t -teszttel mutattuk ki $p < 0,05$ szignifikancia szinten.

Eredmények

A PEG kezelés minden fajtánál szignifikánsan csökkentette a gyökérhosszt, illetve a gyökérfelszínét (1. táblázat), ezért a fajták között a szignifikáns különbségeket csak adott kezeléson belül vizsgáltuk és a kezelések közötti szignifikáns különbségeket az elemzés során külön nem hangsúlyozzuk. Kontroll körülmények között az Mv Toborzó, az Mv Kolompos és a Cutter fajták gyökérhossza volt a legnagyobb, míg a legalacsonyabb értéket a Balada fajtánál mértük, mely azonban nem különbözött szignifikánsan a Valoris, Salamouni, Bastide, Aura, Babuna és Disponent fajtáktól (1. táblázat). Gyökérhossz a PEG kezelés hatására a 'Disponent',

'Aura', 'Salamouni' és 'Scirocco' fajták esetében csökkent a legkisebb mértékben (45,5%-49,7%). A PEG adagolás a legnagyobb mértékben a 'Bayraktar', 'Babuna', 'Mv Verbunkos', 'Tommi' és 'Mv Kolompos' fajták gyökérhosszát csökkentette, melynek mértéke 84,4% és 93,5% között változott. A kontroll kezelésben hosszú gyökérrzel rendelkező fajták közül a 'Cutter' és az 'Mv Toborzó' gyökérhossza nem különbözött szignifikánsan a PEG kezelésben a leghosszabb gyökérrzel 'Diponent'-től, és jellemzően a kontrollban legrövidebb gyökérrzel rendelkező fajták ('Aura', 'Bastide' és 'Salamouni') az ezeknél megfigyelt kisebb mértékű (47,1-50,2%) kezeléshatás eredményeként szintén a legjobban teljesítő 'Disponent'-tel azonos gyökérhosszúságot értek el. Hasonló reakciókat figyeltünk meg a 'Scirocco' és a 'Sunstar' esetében is, melyek kontroll kezelésben is a fajtasor „középmézőnyében” helyezkedtek el (*1. táblázat*).

1. táblázat Őszi búza csíranövények gyökérhosszának, gyökérfelszínének és gyökérátmérőjének alakulása kontroll körülmények között és PEG-6000-re stimulált ozmotikus stressz hatására

| Fajta | Gyökérhossz (cm) | | | Gyökérfelszín (cm ²) | | | Átmérő (mm) | | A változás mértéke (%) |
|---------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| | Kontroll | PEG | Csökkenés mértéke (%) | Kontroll | PEG | Csökkenés mértéke (%) | Kontroll | PEG | |
| Mv Toborzó | 142,95 ^a | 43,37 ^{abcd} | 69 | 26,74 ^a | 8,02 ^{abcd} | 70,0 | 0,594 ^{de} | 0,595 ^e | +0,2 |
| Mv Kolompos | 134,8 ^a | 21,03 ^{ef} | 84,4 | 25,98 ^{ab} | 4,8 ^{de} | 81,5 | 0,614 ^{cdeB} | 0,836 ^{aA} | +36,1 |
| Cutter | 123,32 ^{ab} | 47,16 ^{ab} | 61,8 | 22,19 ^{abc} | 8,94 ^{abc} | 59,7 | 0,572 ^e | 0,606 ^{de} | +5,8 |
| Roane | 111,11 ^{bc} | 25,53 ^{cdef} | 77, | 21,88 ^{bc} | 4,89 ^{cde} | 77,6 | 0,629 ^{cd} | 0,677 ^{bcd} | +7,7 |
| Ellvis | 107,16 ^{bc} | 27,51 ^{bcd} | 74,3 | 20,58 ^{cd} | 6,22 ^{abcde} | 69,8 | 0,613 ^{cdeB} | 0,715 ^{bcA} | +16,7 |
| Bayraktar | 106,94 ^{bcd} | 7,0 ^f | 93,5 | 20,94 ^{bcd} | 1,26 ^e | 94 | 0,625 ^{cdeA} | 0,572 ^{eB} | -8,4 |
| Mv Verbunkos | 106,21 ^{bcd} | 13,21 ^f | 87,6 | 20,12 ^{cd} | 2,54 ^e | 87,4 | 0,606 ^{cde} | 0,603 ^{de} | -0,6 |
| Fengyou | 101,31 ^{bcd} | 23,97 ^{def} | 76,3 | 20,45 ^{cd} | 5,06 ^{bcd} | 75,2 | 0,642 ^{cdB} | 0,745 ^{bA} | +16,2 |
| Tommi | 98,24 ^{cd} | 13,05 ^f | 86,7 | 20,13 ^{cd} | 2,56 ^e | 87,3 | 0,652 ^{bc} | 0,636 ^{cde} | -2,5 |
| Scirocco | 96,05 ^{cde} | 48,36 ^{ab} | 49,7 | 22,18 ^{abc} | 9,36 ^{ab} | 57,8 | 0,733 ^{aA} | 0,628 ^{cdeB} | -14,2 |
| Sunstar | 94,47 ^{cde} | 38,22 ^{abcde} | 59,5 | 18,96 ^{cd} | 7,63 ^{abcd} | 59,8 | 0,646 ^{bc} | 0,602 ^{de} | -6,8 |
| Disponent | 92,95 ^{cdef} | 50,62 ^a | 45,5 | 18,56 ^{cde} | 9,51 ^a | 48,8 | 0,636 ^{cd} | 0,599 ^{de} | -5,8 |
| Babuna | 88,15 ^{cdef} | 7,76 ^f | 91,2 | 16,49 ^{de} | 1,52 ^e | 90,8 | 0,594 ^{de} | 0,645 ^{bcd} | +8,7 |
| Aura | 84,75 ^{def} | 44,83 ^{abc} | 47,1 | 18,8 ^{cd} | 8,88 ^{abc} | 52,8 | 0,694 ^{ab} | 0,631 ^{cde} | -9,0 |
| Bastide | 81,53 ^{def} | 40,54 ^{abcde} | 50,2 | 16,86 ^{cde} | 9,02 ^{abc} | 46,5 | 0,658 ^{bc} | 0,702 ^{bc} | +6,7 |
| Salamouni | 74,30 ^{ef} | 38,31 ^{abcde} | 48,4 | 16,64 ^{de} | 8,23 ^{abcd} | 50,5 | 0,714 ^a | 0,695 ^{bcd} | -2,7 |
| Valoris | 71,16 ^{ef} | 20,76 ^{ef} | 70,8 | 12,78 ^e | 4,56 ^{de} | 64,3 | 0,571 ^{eB} | 0,698 ^{bcdA} | +22,3 |
| Balada | 35,52 ^f | 9,92 ^f | 72,1 | 6,97 ^e | 1,91 ^e | 72,7 | 0,633 ^{cde} | 0,612 ^{cde} | -3,4 |

Az indexben szereplő különböző kis betűk jelölik a fajták közötti szignifikáns különbségeket adott kezelésen belül SZD teszt alapján ($p < 0,05$), a nagybetűk a gyökérátmérő tekintetében a fajtán belül a két kezelés közötti szignifikáns különbséget mutatják t -próba alapján ($p < 0,05$)

A gyökérfelszín meghatározása során is kontroll körülmények között az 'Mv Toborzó' (26,74 cm²), 'Mv Kolompos' (25,98 cm²) és a 'Cutter' (22,19 cm²) fajtáknál kaptuk a legmagasabb értékeket, míg a legkisebb gyökérfelszínnel a 'Balada' fajta rendelkezett, mely kevesebb, mint 7 cm² felületű gyökérrzel fejlesztett (*1. táblázat*). Nem volt azonban szignifikáns a különbség a 'Balada', 'Valoris', 'Salamouni', 'Bastide', 'Babuna' és 'Disponent' fajták között. Az ozmotikus stressz hatására legnagyobb mértékben a 'Bayraktar' (94%), 'Babuna' (90,8%), 'Mv Verbunkos' (87,4%), 'Tommi' (87,3%), és az 'Mv Kolompos' (81,5%) fajtáknál csökkent a gyökérfelszín. 50%-nál kisebb mértékű gyökérfelszín csökkenést csak a 'Bastide' és 'Disponent' fajtánál detektáltunk, mely fajták gyökérhossza stressz körülmények között így nem különbözött szignifikánsan a kontroll körülmények között kiemelkedő gyökérhosszúsággal rendelkező genotípusoktól ('Mv Toborzó' és 'Cutter').

Kontroll körülmények között a gyökérzet átlagos átmérője nem mutatott jelentős variabilitást a fajták között, annak ellenére, hogy szignifikáns különbségek voltak kimutathatók. A legnagyobb átlagos gyökérátmérővel a 'Scirocco' fajta rendelkezett (0,733 mm), míg a legkisebb értéket a 'Valoris' fajtánál mértük, 0,571 mm-t (1. táblázat). Az ozmotikus stressz növelte a gyökérátmérőben tapasztalható variabilitást azáltal, hogy hatása eltérő módon befolyásolta a csíranövények gyökérzetének átlagos átmérőjét. Míg az 'Mv Kolompos', 'Ellvis', 'Fengyou' és 'Valoris' fajtáknál 16,2% és 36,1% közötti mértékben szignifikánsan nőtt a gyökérátmérő, addig a 'Bayraktar' és 'Scirocco' genotípusok esetében 8,4%-os és 14,2%-os szignifikáns csökkenést tapasztaltunk. Az 'Mv Kolompos' gyökérátmérője szignifikánsan magasabb volt, mint a vizsgált összes többi fajtánál mért érték ozmotikus stressz esetén, ennek eredményeként a gyökérfelszín a stressz hatására kisebb mértékben csökkent ennél a fajtánál, mint a gyökérhossz.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a TKP2021-NKTA-06 számú pályázat és a BO/00384/23/4 számú Bolyai János Kutatási ösztöndíj pályázat támogatta.

Irodalomjegyzék

- Hoad, S. P., Russell, G., Lucas, M. E., Bingham, I. J. (2001): The management of wheat, barley, and oat root systems. *Advances in Agronomy*, **74**, 193–246. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(01\)74034-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(01)74034-5)
- Judd, L. A., Jackson, B. E., Fonteno, W. C. (2015): *Advancements in Root Growth Measurement Technologies and Observation Capabilities for Container-Grown Plants*. **4**, 369–392. <https://doi.org/10.3390/plants4030369>
- Lan, Y., Chawade, A., Kuktaite, R., Johansson, E. (2022). Climate Change Impact on Wheat Performance-Effects on Vigour, Plant Traits and Yield from Early and Late Drought Stress in Diverse Lines. *Int. J. Mol. Sci.*, **2022**, 3333. <https://doi.org/10.3390/ijms23063333>
- Peršić, V., Peršić, P., Ament, A., Antunović, J., Antunović, A., Antunović, A., Drezner, G., Cesar, V., Goltsev, V., Oukarroum, A., Athar, H.-U.-R. (2022): PEG-induced physiological drought for screening winter wheat genotypes sensitivity-integrated biochemical and chlorophyll a fluorescence analysis. *OPEN ACCESS EDITED BY*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.987702>
- Zia, R., Nawaz, M. S., Siddique, M. J., Hakim, S., & Imran, A. (2021): Plant survival under drought stress: Implications, adaptive responses, and integrated rhizosphere management strategy for stress mitigation. *Microbiological Research*, **242**, 126626. <https://doi.org/10.1016/J.MICRES.2020.126626>

CIROKFÉLÉK GÉNMEGŐRZÉSE ÉS A GÉNBANKI GYŰJTEMÉNY JELLEMZÉSE

Palágyi Andrea, Kovács-Kalmár Helga, Rajki Erzsébet

Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft, Szeged

A cirokfélék génmegőrzése közel 50 éves múlttal rendelkezik a Gabonakutató Intézetben. A 2000-es évektől a génmegőrzést célzó állami pályázatok által nyújtott lehetőségeket kihasználva a cirokfélék biodiverzitásának megőrzése és bővítése volt a kitűzött cél. Ez a feladat ma és a jövőben is indokolt. Évtizedekkel ezelőtt, amikor hazánk még a ciroktermesztés északi zónájába tartozott, a nagymértékű koraiságra történő szelektálás következtében szinte kizárólag rövid tenyészidejű cirokfajtákkal rendelkezünk. E pályázatok keretében nyílt lehetőség új, a világ különböző tájairól származó, nagy genetikai diverzitású - rendszerint igen hosszú tenyészidejű - cirok génforrások begyűjtésére és beépítésére a hazai, leszűkült génháttérű populációkba.

A 2016-18 közötti időszakban sikerült felfrissíteni a génbanki gyűjteményt, felszaporítani az alacsony életképességű tétéleket. A gyűjteményt tovább bővítettük a hazánkhoz hasonló éghajlati adottságokkal rendelkező országok (Kína, USA stb.) cirok vonalaival. A kb. 600 féle genotípusú vonal fenntartásával, ekkor már Európa 2. legnagyobb cirok génbanki gyűjteményével rendelkezünk. A nemesítés genetikai háttérének megalapozása céljából a számunkra kívánatos tulajdonsággal rendelkező populációkat keresztezzük egymással, és az így előállított F₂ hasadó nemzedékekből kiindulva beltenyésztéssel és egyedszelekcióval új vonalakat állítunk elő.

A 2019-20-as években célul tűztük ki külföldi származású cirok genotípusok beszerzését. Mivel a cirokfélék géncentruma Afrika, ezért 46 kenyai eredetű szemescirok genotípussal bővítettük a génbanki kollekciónkat. Ilyen módon további lehetőségek nyílnak a hazai fajták szárazságtűrésre történő nemesítésére. Majd chilei genotípusokkal gyarapítottuk a cirok génbankot, amely így 618 tételszámra növekedett. Az új vonalak Gerard Braak által irányított chilei tenyészkertről származtak. Ezeket saját anyagainkkal keresztezve, a keletkezett utódnemzedékekből új vonalakat indítottunk, így módon színesítve a hazai takarmánycirok fajták genetikai bázisát.

A 2021-es év alatt két pályázatot is elnyertük a génmegőrzési munkánk támogatására. A pályázati forrásokból számos eszköz beszerzésére nyílt lehetőségünk. A pályázatok során a dokumentáció is fejlődött, precízebb és egységesebb lett. A tétélek egy hivatalos sorszámot kaptak, amely cirok esetén a C1, C2, C3 stb. kódolással történik. A Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal egy MVH regisztrációs számmal, valamint egy NGBAB (Növényi Génbanki Azonosító) számmal is ellátta a tétéleket, a növényi genetikai erőforrások *ex situ* megőrzése céljából.

Az utóbbi 3 évben elsősorban a szárazságtűrő vonalak kiszűrésére szelektáltunk, ami jelentősen megnöveli a gyűjtemény eszmei értékét. Jó szárazságtűrő cirok vonalak fenntartásával válaszolunk a klímaváltozással együtt járó nehézségekre. Fontos számunkra, hogy növénykórtani szempontból is megfelelő, egészséges vonalakat, illetve szaporítóanyagot tartunk fenn, ezzel biztosítva a toxinmentességet. Továbbá igyekszünk biztonságosabb tárolást megvalósítani a pályázati forrásból, amellyel a kockázati tényezőket lecsökkentve meghosszabbíthatjuk a genetikai anyagok fenntartásának időtartamát és megnövelhetjük a magok életképességét. Egyre több adattal rendelkezünk a gyűjteményben megőrzött genotípusokról, ezáltal nagyobb lehetőség nyílik a genetikai sokféleség kihasználására a nemesítésben, a változó piaci igények kielégítésére. A génmegőrzés biztonságosabbá tétele hozzájárul a régió génpool-jának fennmaradásához, a génerózió csökkenéséhez, további lehetőséget nyújtva, hogy a helyi körülményekhez alkalmazkodott genotípusok felhasználhatók legyenek a jövő nemesítői számára.

ON THE USE OF GENOMICS IN PLANT RESEARCH AND BREEDING

André Eggen

Agrigenomics, Illumina, San Diego, USA

The development of improved crops using conventional methods has been very successful over the past decades. Genomics-driven knowledge is opening a way to accelerate the breeding process by using genomic selection. However, genomics tools are now extending behind the only knowledge of the host genomic variations, considering also some key factors impacted by the environment like epigenetic modifications. Recently, new methodologies, based on next generation sequencing, have been developed to better understand and characterize the role of the soil and the seed microflora. The plant is not seen as an individual anymore but should be considered as a larger genetic entity that includes the associated microbial genomes. Our genomics technologies developed over the past 25 years are therefore facilitating the acquisition of knowledge for the “holobiont”, facilitating the development of renewed plant breeding strategies.

GENOTYPE-BY-SEQUENCING (GBS) MARKEREK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A BÚZA INTROGRESSZIÓS NEMESÍTÉSÉBEN

Gaál Eszter¹, Kateřina Holuřová², Jan Bartoš², Kalapos Balázs¹, Molnár István¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Institute of Experimental Botany, Centre of Plant Structural and Functional Genomics,
Olomouc, Cseh Köztársaság

A növénynevelésben és az azt támogató háttérkutatások során számos esetben lehet szükség nagy egyedszámú (több 100 – 1000 fős) populációk genomjának nukleotid szintű összehasonlítására. Az egyes fajok génbanki tételeinek diverzitás vizsgálatai, a két-, vagy többszülős térképezési populációkon végzett QTL analízis, az asszociációs térképezési populációkon, vagy a nevelési populációkon történő genom-alapú szelekcióhoz szükség lehet a genom nagyfelbontású markerrendszerekkel (50-100 marker per Mb) történő jellemzésére. Az egyedi nukleotid polimorfizmusok (SNP-k) ideális markertípusok lehetnek az említett feladatok megvalósítására mivel a genomban nagy gyakorisággal (1 SNP/ 1000 bp) fordulnak elő, jelenlétük hatással lehet a fenotípusos jellegek kialakulására és felhasználhatóak lehetnek a gének azonosításához is.

Az SNP lokuszok teljes genom szinten történő meghatározására szolgáló multiplex genotipizálási módszerek közül a genom komplexitás csökkentésével kombinált újgenerációs szekvenálási eljárások, különösen a Genotype-by-Sequencing (GBS) markertechnológia rohamos fejlődést mutatott az elmúlt évtizedben. Népszerűsége és olcsósága annak köszönhető, hogy a markerek előállítására és a minták genotipizálása egy lépésben, a szekvenálás során történik, valamint annak, hogy a GBS mintaelőkészítési protokollja teljesen kompatibilis az egyre olcsóbbá váló Illumina rövid szekvenálásokat eredményező szekvenálási könyvtár előállításával.

A HUN-REN ATK MGI-ben létrehozott genotipizáló laboratórium és az itt működtetett Illumina NextSeq2000 szekvenáló platform elsődleges célja, hogy a GBS markertechnológia szolgáltatásával segítse az ATK-ban, illetve a Magyarországon folyó nevelési és egyéb strukturális- és funkcionális genomikai kutatásokat.

Munkánk során célul tűztük ki a kettős restriktív emésztésen alapuló ddRADseq (double digest restriction site-associated DNA sequencing) protokoll martonvásári adaptálását. A GBS genotipizálás teszteléséhez olyan citogenetikai módszerekkel (FISH/GISH) validált búza előnevelési populációt használtunk, melyek idegenfajú keresztezésekkel származó rozs, árpa, valamint *Aegilops umbellulata* kromatint hordoznak. A szekvenálás mintánként átlagosan 7,5 millió rövid leolvasást eredményezett. Az adatelemzés során a búza és az idegen fajok referencia genom szekvenciáit alkalmaztuk, melyekhez a rövid leolvasásokat illetve ~230 ezer SNP-t tudtuk azonosítani. Az SNP-k eloszlása a kromoszómák disztális régiójában mutatott maximális értéktől a centromérák felé haladva csökkenő tendenciát mutatott. A marker adatok segítségével kimutatható volt az idegen kromoszómák, illetve kromoszóma karok jelenléte, valamint a búza kromoszóma szegmentumok és karok hiánya. Eredményeink alapján elmondható, hogy az alkalmazott GBS protokoll (ddRADseq) az MGI genotipizáló laboratóriumában is működik és alkalmas lehet a búza előnevelési populációk nagyfelbontású genomanalízisére, a későbbiekben pedig egyéb búza térképezési és nevelési populációk vizsgálatára. Terveink közt szintén szerepel a módszer optimalizálása további mezőgazdasági jelentőséggel bíró fajok vonatkozásában is, melyhez várjuk (pályázati vagy üzleti) együttműködő partnerek jelentkezését a molnar.istvan@atk.hun-ren.hu e-mail címen.

A kutatásokat az NKFIH (K135057, PD145915, TKP2021-NKTA-06) számú pályázatai támogatták.

***Secale cereanum* KROMATIN DARTSEQ-ALAPÚ AZONOSÍTÁSA EGY BÚZA × ROZS HIBRID BC₂F₈ NEMZEDÉKÉBEN**

Szőkéné Pázi Kitti¹, Kruppa Klaudia¹, Zuzana Tulpová², Türkösi Edina¹, Gaál Eszter¹, Farkas András¹, Kovács Péter¹, Ivanizs László¹, M. Timothy Rabanus-Wallace³, Molnár István¹, Szakács Éva¹

¹ HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

² Institute of Experimental Botany, Centre of Plant Structural and Functional Genomics, Olomouc, Cseh Köztársaság

³ School of Agriculture, Food, and Ecosystem Sciences, The University of Melbourne, Melbourne, Australia

A rozs (*Secale*) nemzetség termesztett és vad fajai fontos, de napjainkig kiaknázatlan génforrások a termesztett búza genetikai diverzitásának növelése szempontjából. Kromoszómáik betegségekkel és abiotikus stresszekkel szembeni géneket hordoznak, melyek intergenerikus keresztezések révén átvihetők a búzába. Az előnemesítési folyamat egyik kritikus lépése, hogy a búzagenomba beépült rozskromatint kimutassuk és azonosítsuk.

Kutatómunkánk során egy *S. cereanum* (*S. cereale* × *S. strictum* ssp. *anatolicum*) évelő rozsfajta ('Kriszta') és *Triticum aestivum* L. ('Mv9kr1') hibrid BC₂F₈ utódnemzedékében genomi és fluoreszcens *in situ* hibridizációs (GISH, FISH), valamint DArTseq markeres vizsgálatokat végeztünk azzal a céllal, hogy potenciálisan agronómiailag hasznos tulajdonságokkal rendelkező, *S. cereanum* kromatint (kromoszóma, -kar, -szegmens) hordozó búza-rozs genotípusokat válogassunk ki.

A DArTseq platform által generált több mint 300 ezer DNS-szekvencia közül 27 822 SilicoDArT és 8 842 SNP - a rozs 1R-7R kromoszómáira specifikus - markert azonosítottunk. Ezen markereknek a közelmúltban nyilvánosan elérhetővé vált 'Lo7' rozs referenciaszekvenciákon (1R-7R pszeudomolekulákon) meghatározott sűrűsége (hőtérképe) alapján különböző búza-rozs és rozs-rozs kromoszóma-átépüléseket mutattunk ki. Megállapítottuk, hogy a termesztett rozsból és vad rozsból származó kromatint is tartalmazó *S. cereanum* jelentős szignál-polimorfizmusa miatt a FISH módszer a BC₂F₈ generációnak csak az előzetes szűrésére alkalmas, míg a DArTseq markeres elemzéssel megbízhatóan azonosítható a búza genetikai háttérben jelenlévő rozskromatin.

A munkánk során kisselektált addíciós és transzlokációs vonalak hasznos génforrások lehetnek a búza-előnemesítési programok számára.

A kutatásokat az OTKA (K135057, FK145848, PD145915, TKP2021-NKTA-06), a Marie Curie Fellowship grant award 'AEGILWHEAT' (H2020-MSCAIF-2016-746253) és a TowArds Next GENERation Crops, reg. no. CZ.02.01.01/00/22_008/0004581 of the ERDF Programme Johannes Amos Comenius projekt támogatta.

BÚZANEMESÍTÉS ÉS HÁLÓZATELEMZÉS: REKOMBINÁNSOK SNP MARKER-ALAPÚ JELLEMZÉSE

Cseh András, Makai Szabolcs, Horváth Ádám, Horváth D. Ádám, Erika Chonata Jiméneez, Makai Diana, Szabados Fanni, Sepsi Adél, Karsai Ildikó

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A nemesítési programok hatékonysága a kölcsönös genetikai információcsere gyakoriságán és kromoszómán belüli pozícióján alapul. A szülői allélok rekombinációja határozza meg a nemesítés első lépésének a sikerességét, így döntő szerepe van a termésbiztonság javításában és abban, hogy a jelenleg intenzíven zajló éghajlati változások káros hatásaihoz alkalmazkodni tudjunk. A nagyméretű genommal rendelkező gabonaféléinkben, mint például a búzában (*Triticum aestivum* L.) a rekombinációt eredményező kromoszómális átkereszteződések (crossoverek, CO) nagy része kizárólag a kromoszómavégekhez közeli szűk régiókban alakulnak ki. A crossoverek kialakulásának e szigorú térbeli szabályozottsága megakadályozza új allélkombinációk létrejöttét a kromoszómakarok központi részén és a centromérához közel eső genomi régiókban. Ezen crossover-mentes régiók a genom jelentős hányadát (kb. 2/3) képviselik, és megabázis-páronként átlagosan 3–7 gént tartalmaznak (Lou et al., 2017). Annak érdekében, hogy a homológ rekombináció frekvenciáját és elhelyezkedését befolyásolni lehessen, kulcsfontosságú azon faktorok megértése, amelyek az átkereszteződések kialakulását szabályozzák.

Kísérleteink során egy Amerikában nemesített rendkívül gyors életciklusú búzafajta egyedi rekombinációs tulajdonságainak mérését tűztük ki célul. Ennek érdekében két másik búzafajta bevonásával dihaploid (DH) populációkat hoztunk létre. A DH vonalakat 25K-s SNP Chip-el genotipizáltuk és a DH₁-es populáció esetében 8556, a DH₂-es populációban pedig 7721 polimorf markert azonosítottunk. A rekombinációs gyakoriság és a rekombinációk kromoszómális elhelyezkedésének meghatározásához egy hálózatelemzésen alapuló módszert fejlesztettünk és jellemeztük a két DH populáció rekombinációs mintázatát. Az egy kromoszómára eső átlagos rekombinációk száma a DH₂-es populációban közel kétszerese volt a DH₁-es populációban azonosítottak és mindkét populációban előfordultak centromérához közeli rekombinációk is. Annak érdekében, hogy ezeket a nemesítés szempontjából is hasznos tulajdonságokért felelős kromoszóma régiókat azonosíthassuk, újabb DH vonalakat állítunk elő és létrehozunk a módosított többszülős térképezési populációkat.

Előzetes eredményeink arra utalnak, hogy a rekombináció fokozása és/vagy eltolása a centromérák felé egy újabb eddig elérhetetlen genetikai erőforrást nyithatna meg a búzanevelés számára. Ez az új fajta diverzitás segíthetne abban, hogy a szelekció segítségével a maiaknál alkalmazkodóbb új búzafajtákat nemesítsünk.

A kutatások az Agrár-biotechnológia és precíziós nevelés az élelmiszerbiztonságért pályázati program (RRF-2.3.1-21-2022-00007) finanszírozásában valósultak meg. Cseh A. köszöni az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíjának támogatását (BO/00416/23/4).

KETTŐS HASZNOSÍTÁS CÉLÚ NEMESÍTÉS TRITIKÁLÉBAN

Bóna Lajos, Purgel Szandra, Mihály-Langó Bernadett, Mihály Róbert

Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

A hazai és nemzetközi vetőmagpiacra dolgozó fajtaelőállító nemesítés irányát, céljait és termékeit a mindenkori és a várható piaci igények diktálják. Már az ezredfordulótól egyértelműen látható volt, hogy az erőteljes felmelegedéssel együtt járó időjárás változás kapcsán a növénytermesztés, így a kérődzők tömegtakarmányának termelése is a szárazságot és a hőstresszt jól tűrő növények felé fog irányulni. A hazánkban egyre gyakrabban előforduló száraz nyarak miatt, a hősokkos, aszályos területeken a silókukorica mellett, annak alternatívájaként a kérődzőket tartó gazdaságoknak más növényfajokat is kell termesztetni. Így a cirok és a rozs mellett jelentős szerep jut a tritikálénak is. Már a tritikálé nemesítés kezdeti éveiben is (hatvanas-hetvenes évek) fölmerült, hogy a szemtermés hasznosítása mellett – különösen is az akkori oktoploid tritikálék jelentős biomassza produktuma miatt – e faj alkalmas lehet tömegtakarmány termelésére is, de ez hazánkban igazából napjainkban vált valóssá. Az utóbbi három év során a NÉBIH gazdasági értékvizsgálataiban tritikáléban nem csupán szemtermés célú, de – külön eljárásban és vizsgálatokban – biomassza produktum, azaz tömegtakarmány (szenázs) célú tesztek is végez. Ha egy fajtajelöltet annak tulajdonosa mindkét gazdasági célra bejelenti és úgy minősítést is nyer, akkor beszélünk kettős hasznosítású fajtaról. Ez évtől már lehetségesé vált új zöldhozam (siló/szenázs) tritikálé fajták minősítése is, így kapott állami elismerést az első hazai nemesítésű, kettős hasznosítási célú tritikálé fajta a 'GK Trivita'. Szemtermés hasznosítási célú tritikáléban a legfőbb szelekciós szempont a termőképesség növelése mellett a magasfokú termésbiztonság, az alkalmazkodóképesség növelése. A szemfizikai paraméterek megemlése mellett a fehérje- és ásványi elemtartalom is nagy érték. Amikor a nemesítő siló/szenázs tritikálé fajta előállítására törekszik, akkor nem a szemtermés hozama, hanem a zöld biomassza hozam, azaz a föld feletti részek teljes produktumának növelése a fő cél. A takarmányozás szempontjából (emészthetőség, magas beltartalom) a kalászosokban ideális fenológiai fázis a szárbaindulás utáni, de még épp nem kikalászott állapot (Zadok skála 45-49). Magasabb zöldhozam érhető el pár héttel később tejesérésben, de ekkor valamelyest romlanak a beltartalmi, emészthetőségi mutatók. A nagytestű, magasra növe, robosztus genotípus előny. Ugyanakkor, a megdőlés veszélye miatt a magasság növelésében a kompromisszumra kell törekednünk. Mivel a levélzetben a lignin tartalom alacsonyabb, mint a szárban, ezért a szelekcióban nagy hangsúlyt fektetünk a dús levélzetű fajtákra. Az irodalom szerint e paraméterek h^2 értékei közepesek, ezért több éves, visszatérő szelekciót kell végeznünk. A tritikálé vegetatív részeiben eleve alacsonyabb lignin tartalom, mint a rozsban, de a betakarítási ablaka is tágabb, mindazonáltal az emészthetőség növelése érdekében izgalmas szelekciós szempont lesz még inkább alacsonyabbra vinni a lignintartalmat és tovább tágítani a kedvező betakarítási periódust. Szemben a silókukoricával, a tritikálé mentes az *Aspergillus* fajok termelte aflatoxinok és egyéb gombatoxinoktól, mégis a vegetatív felületek gombabetegség mentességére a szelekcióban kiemelten oda kell figyelni (*Erysiphe graminis* okozta lisztharmatos levélkárosodás, a sárga- ill. barna rozsdákat okozó *Puccinia striiformis* és *P. recondita*, a *Septoria tritici* és egyéb gombák okozta levélfoltosságok). Kedvező paraméterei miatt, a vegetatív céllal előállított tritikálé egyre nagyobb szerephez jut a takarmánytermesztésben.

ŐSZI BÚZA KERESZTEZÉSI TAPASZTALATAI SZÁNTÓFÖLDI ÉS ÜVEGHÁZI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

Óvári Judit, Papp Mária, Nagy Dániel, Cseuz László

Gabonakutató Nonprofit Kft., Szeged

A Gabonakutatóban 2016 óta a búzanemesítés fajtaelőállító keresztezési munkáit koncentráltuk, hogy könnyebben átlátható, szervezhető és kezelhető legyen. Az üvegházi és szántóföldi munkák által mostanra igen sok tapasztalatra tettünk szert.

Az elmúlt 8 év alatt 7638 nemesítési keresztezést végeztünk el, melyből 5233-ban volt szemkötés. Összességében elmondhatjuk, hogy 68,51% hatékonysággal sikerültek a beporzások. Természetesen ennél árnyaltabb a helyzet, ha éves bontásban nézzük a munkánkat. A legkritikusabbnak ebből a szempontból a 2017-es üvegházi munkánk bizonyult. A növények fejlődése nagyon elhúzódott, nem tudtuk a megfelelő hőmérsékletet biztosítani a beporzásokor, így a keresztezéseinknek mindössze 27,10%-a volt sikeres. A legsikeresebbnek ezzel szemben a tavalyi 2023-as évi szántóföldi munkánk bizonyult, amikor is 90,57%-os sikert könyvelhettünk el.

A szemkötések szempontjából az üvegházi és szántóföldi munka eredményessége természetesen különböző. Szántóföldön az egyes években átlagosan 12-17 db szem/kalászt tudtunk elérni, a sikertelen szemkötéseket is figyelembe véve. Ebből a szempontból csak a 2021-es év bizonyult gyengébbnek, de akkor a csapadékos időjárás miatt nem „lábon” történt a keresztezés folyamata. A levágott kasztrálendő kalászokat cukros, hipós vízben tartottuk, ott kasztráltuk és poroztuk be azokat. Az üvegházban végzett munka hatékonysága a szántóföldihez képest alacsonyabb, itt csak 5-7 db szem/kalász lett az átlag az évek során.

A beporzásig eltelt napok számát is volt alkalmunk kiértékelni. Szántóföldi körülmények között viszonylag szűk intervallumban történik a beporzás. Általában a 2. és 5. nap között végezzük ezt a munkát. A beporzó növények késői virágzása miatt a 14.-15. napig húzódtak a feladatok bizonyos években, de még ekkor is sikeres szemkötéseket tudtunk elérni tenyészkertünkben. A téli üvegházi munkánk már ennél összetettebb. Fejlődésük lassabb, elhúzódóbb, ami munkánkat nagyon elnyújthatja. Bizonyos években egészen szélsőségesen hosszú ideig végeztük a feladatot. A kikasztrált növényeket hidegkamrába helyeztük, ha nem volt még a tervezett porzó növényünk a megfelelő állapotban. Itt a növények fejlődése lelassult és a későbbiek során meg tudtuk valósítani az eredeti terveket. Ezzel a technikával az 52. napon beporzott kalászon is találtunk szemkötést. Az 5 éves üvegházi munka adataiból azt mondhatjuk, hogy a 20-23. napig beporzott kalászokon még az adott év átlagszemkötését el tudjuk érni, de utána már szépen csökkenő tendenciát mutat a szemszám.

Az üvegházi és szántóföldi keresztezési munkáknak is megvan a saját előnye és hátránya is. A nemesítés gyorsítása végett előszeretettel használjuk a téli munka lehetőségét, ugyanakkor látjuk, hogy kisebb hatékonysággal és kevesebb szemkötéssel jár. A szántóföldi keresztezési munkával viszont igen jó eredményeket tudunk elérni és a kalászok is fejlettebbek, könnyebb a kasztrálás végzése.

POSZTEREK

KUKORICA BELTENÉSZTETT TÖRZSEK TERMÉSE ÉS AGRONÓMIAI TULAJDONSÁGA ÖKOLÓGIAI ÉS TRADICIONÁLIS TERMESZTÉSSEN

Áldott-Sipos Ágnes¹, Spitkó Tamás¹, Csepregi-Heilmann Eszter¹, Pintér János¹, Berzy Tamás¹, Szőke Csaba¹, Nagy János², Marton L. Csaba¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen

A kukoricát (*Zea mays* L.) szinte már az egész világon termesztik a kiváló adaptív tulajdonságának és a céltudatos nemesítői tevékenységnek köszönhetően. A világ népessége azonban az elmúlt évtizedekben gyorsan növekedett. Ennek következtében a mezőgazdasági termékek iránti globális kereslet is emelkedik. A mezőgazdaság intenzívebbé válása szorosan összefügg az üvegházhatású gázok magas kibocsátásával. Ezért az Európai Bizottság 2019-ben közzétette az Európai Zöld Megállapodást. A program fő célja, hogy 2050-re elérjük az üvegházhatású gázok nettó nulla kibocsátását. Ehhez kapcsolódóan a mezőgazdaságban is határoztak meg kritériumokat az ökológiai gazdálkodással művelt területek arányának 25%-ra növelése, valamint a műtrágyák és növényvédő szerek használatának csökkentése érdekében. Az ökológiai mezőgazdaságot gyakran javasolják a mezőgazdasági fenntarthatóság javításának eszközeként, amely a természetesebb termelési módszerekkel érhető el, különösen a növényvédő szerek és a kártevők elleni védekezés tekintetében. Azonban számos tanulmány megerősítette, hogy a biogazdálkodás hozamai átlagosan 20%-kal alacsonyabbak, mint a hagyományos gazdálkodásé. A növénynevelés célja olyan új fajták előállítása, amelyek jól alkalmazkodnak a biotikus és abiotikus stresszhatásokhoz. Az új fajtákat nemcsak tesztelni, hanem nemesíteni is a célkörnyezetben ajánlott.

Fő célunk olyan szülői vonalak kiválasztása volt, amelyekből ökológiai termesztésre alkalmas hibridek hozhatóak létre. Ezért vizsgálatunk célja volt kukorica beltenyésztett vonalak terméshozamának és agronómiai tulajdonságainak összehasonlítása három különböző termesztésmódban: ökológiai, hagyományos öntözött és hagyományos öntözetlen.

A beltenyésztett vonalak 17%-kal magasabb szemtermést produkáltak az öntözött termőhelyen, mint az ökológiai termesztésben. A zöldhozam tekintetében ennél alacsonyabb különbséget mértünk: az ökológiai gazdálkodás silótermése 9%-kal maradt el a hagyományos öntözött eredményétől. A hagyományos öntözetlen és az ökológiai termesztésmód nem különbözött jelentősen egymástól. Összességében a vonalak agronómiai tulajdonságai jobbak voltak hagyományos termesztésben.

A TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

AKI A XX. SZÁZAD ELEJÉN ELSŐKÉNT NEMESÍTETT „IGAZI MAGYAR VIRÁGOT” – GRIGER GYÖRGY (1879-1946) EMLÉKEZETE

Antal Gabriella², Tóth Csaba¹, Zsiláné André Anikó², Fári Miklós Gábor^{1,3}

¹ Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Alkalmazott Növénybiológiai Tanszék, Debrecen

² Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Kertészettudományi Intézet, Debrecen

³ Ereky Károly Biotechnológiai Alapítvány (EKBA), Székesfehérvár

Hazai kertészek körében általános nézet, hogy a magyar dísznövénynevelés a második világháborút követően, 1950-ben kezdődött el, elsőként *Domokos János* professzor, majd *Kovács Zoltán* munkásságának köszönhetően. Ez a megállapítás annyiban megállja a helyét, amennyiben az állami finanszírozású nevelésre vonatkozik. Forráskutatásaink alapján tudjuk, hogy a hazai dísznövény-nevelés – a magán nevelőknek köszönhetően – már évtizedekkel korábban megkezdődött. Erre a hiánypótló forráskutatásra van szüksége a hazai kertészettudománynak, mert szép számmal vannak olyan, a történelmi Magyarország területén egykor tevékenykedő dísznövény nevelők is, akiket – például a határok változása, vagy a geopolitikai átrendeződés - több ország is a magukénak ismer el. Ilyen például a télálló futórózsák atyja, *Geschwind Rudolf*, a dendrológus *Ambrózy-Migazzy István* gróf munkássága a Felvidéken, a rózsa és *Chrysanthemum* nevelő *Mühle Árpád* tevékenysége Temesvárott. Ezek közül a nevelők közül ezúttal *Griger György*, részben feltáratlan, részben mára elfelejtett munkásságára hívjuk fel a figyelmet. Az új források között számos, Griger György tevékenységéről írt értékes munka található. Ki volt Griger György? A Békés vármegyei Csabacsüdön 1879. december 6.-án született. Nevelő tevékenységét haláláig döntően Erdélyben fejtette ki. Kertészeti alapismereteit nagybátyja, *Farkas József* kereskedelmi kertészetében sajátította el 1892-1896 között. 1902-től - *Darányi Ignác* miniszter személyes közbenjárására - a tehetséges fiatalember két évig a Kertészeti Tanintézet tanulója volt, majd állami szolgálatba lépett. Először a Kassai Javító Intézetnél dolgozott. Érdekesség, hogy Kassán *Pohl Ferenc* lett az utódja, majd a kolozsvári Karolina Kórházhoz hívták kertésznek. Ezt követően a Kolozsvári Botanikus Kert Mikó utcai részlegénél *Walz Lajos* főkertész munkatársa lett. A Trianoni döntés után, 1920-ban kilépett az állami szolgálatból és *Schulz Rezső* ismert kolozsvári virág nagykereskedővel társult. Schulz vállalta Griger új virágainak a terjesztését, melyhez nagy földterületet és két db, 25-25 méter hosszúságú üvegházat biztosított számára. Az egyvári dísznövények nevelését is Kolozsvárott kezdte el. Elsősorban *Pelargonium*-, *Canna*-, *Chrysanthemum*-, valamint kerti szegfű- és oroszlánszaj-neveléssel foglalkozott. Griger száznál több új növényfajtát nevelített, melyeket magyar névvel külföldön is sikeresen értékesített. 1907-ben 20 féle 'magyar *Pelargonium*' fajta előállításával hívta fel magára a figyelmet, mely szám 1912-ben már elérte a 65-öt. A neveléssel elsődleges célja az volt, hogy olyan szép magyar fajtákat állítson elő, amelyek állják a versenyt „a külföldről drága pénzért hozatott idegenekkel szemben”. Kolozsváron kívül Debrecenben, Nagyváradon, Miskolcon is forgalmazták Griger fajtáit, az „igazi magyar virágokat”. Összesen 24 virágkiállításon vett részt. 1908-ban a Városligeti Rózsa és *Pelargonium* Kiállításon muskátli fajtái 3 db állami arany-, és 4 db állami ezüstéremet nyertek. Később egyvári lágyszárú dísznövény fajok nevelésével is sikeresen foglalkozott. Kerényi Elek 1944-es közlése szerint nyolc színváltozatból álló önálló *Antirrhinum* fajtacsoportot nevelített. Ezek citológiai vizsgálatát is elvégezték. Griger György tagja volt az Országos Magyar Kertészeti Egyesületnek, majd munkatársa volt a *Wass András* által 1935-1940 között Kolozsvárott kiadott Kertgazdaság c. folyóirat szerkesztő bizottságának. Griger György 1946. július 19.-én Kolozsvárott hunyt el, a híres kortárs, *Magyar Gyula* után egy évvel. Virágzó kertészete és pótolhatatlan nevelési anyaga ezt követően megsemmisült.

DRÓN ALAPÚ NAGY ÁTERESZTŐKÉPESSÉGŰ FENOTIPIZÁLÓ RENDSZER A MARTONVÁSÁRI NÖVÉNYNEVELÉSÉBEN

**Bányai Judit¹, Balassa György², Turbéli Richárd², Bakonyi József³, Károlyiné
Cséplő Mónika¹, Mészáros Klára¹, Vida Gyula¹, Mikó Péter¹**

¹ HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

² AGRON Analytics Kft., Budapest

³ HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézet, Budapest

Az elmúlt két évtizedben különböző nagy áteresztőképességű (high-throughput) fenotipizáló technikákat fejlesztettek ki, melyeket a növénynevelésben, genetikai analízisben és modell készítésében használnak a betegség-ellenállóság, szárazság és hőtolerancia vizsgálatára.

A nagy hatótávolságú spektroszkópiai mérések óriási segítséget jelentenek a nevelők által megfigyelt szántóföldi területek percek alatti vizsgálatában, lehetővé téve a koordináta- lokációs adatok másodpercek alatti rögzítését. Mivel a drónok, flexibilitásuk révén, megfelelő körülmények között, képesek az adott terület felett repülni és lebegni, így alkalmasak a parcella szintű felvételezések végrehajtására. Ezzel a nagy áteresztőképességű fenotipizálási rendszerrel az akár több ezer parcellát érintő kísérletekben bekövetkező változások is könnyen nyomon követhetők, az egy tenészedőszakban gyűjtött hatalmas mennyiségű adat elemzésével pedig a csírázástól az érésig fajspecifikus növénymodellek is kialakíthatóak. Drónok alkalmazásával egyszerűsíthető, gyorsítható és objektívebbé tehető a nevelői szelekció folyamata, ráadásul a multispektrális képalkotó szenzorrendszerek használata lehetővé teszi olyan információkhoz való hozzáférést, amelyek szabad szemmel nem láthatóak. Tehát a multi- vagy hiperspektrális képalkotás egy növényállományról több, mint 'fényképezés'. A cél nem más, mint a vizsgált fenotípusos tulajdonságok mennyiségi mérése a fény (visszavert~, elnyelt~, továbbított fotonok) és a növény közötti kölcsönhatásokon keresztül.

A martonvásári Kalászos Gabona Nevelési Osztály előkísérleteket végzett 2019-ben és 2020-ban, az eredményeket és tapasztalatokat figyelembe véve, egy referencia-fajtasort hoztak létre, melynek elvetésre 2021, 2022 és 2023 őszén került sor. A kísérlet fungiciddal kezelt és kezeletlen parcellákból áll, a kezeletlen négy ismétlést tavasszal levélrozsával, az 'Mv Initium' árpafajta a hálózatos levélfoltosságot okozó *Pirenophora teres* f. *maculata* gombával fertőztük. A berepüléseket az Agron Analytics Kft. végzi hetente, a parcellák felett 100 méteres magasságban, többlencsés, kalibrálható multispektrális kamerát alkalmazva. A rögzített adatok az AGRONMaps platformban tárolódnak, feldolgozásuk, valamint a 11 vegetációs index számítása ebből az adatbázisból történik. A felvételeken látható, hogy van-e a kísérleti területen talajfolt, milyen a tábla fedettsége, a növényállomány fejlettsége, van-e gyomosodás, vadkár. Követhető az egyes növényi betegségek megjelenése, detektálhatóak a fertőzés gócpontjai a hozzá tartozó GPS és vegetációs index adatokkal összefűzve. A kiválasztott index idősor változása is meghatározható a tenészedőszak során, genotípusonként.

Az évenkénti 12 alkalommal végzett berepülés során nagyméretű adathalmaz keletkezik, mely tartalmazza a vegetációs indexeket és a szántóföldi megfigyelések fenotípusos értékeit. A 2023/24-es tenészedőszak adatainak rögzítése után kezdődik meg az átfogó statisztikai elemzés, MI bevonásával. Célunk azonosítani azt vagy azokat a spektrumsávokat és indexeket, amelyekkel a legnagyobb különbségeket tudjuk detektálni a genotípusok között, valamint kimutatni már korai fejlettségi stádiumban, hogy az adott törzs élettani folyamataiban bekövetkezett-e változás.

Kutatásunk a TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával valósult meg.

ALAKOR GENOTÍPUSOK KONTROLLÁLT KLÍMAKAMRÁS ÉS SZÁNTÓFÖLDI KÍSÉRLETSOROZATBAN VÉGZETT VIZSGÁLATA A TARTALÉKFEHÉRJE-ÖSSZETÉTEL VONATKOZÁSÁBAN

Birinyi Zsófia^{1,2}, Nagy-Réder Dalma^{1,2}, Fodor Nándor¹, Rakszegi Marianna¹, Mikó Péter¹, Tóth Viola¹, Békés Ferenc³, Gell Gyöngyvér¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológia Doktori Iskola, Biológia Intézet, Budapest

³FBFD PTY LTD, Beecroft, Sydney, Ausztrália

A gabonafélék fogyasztásához kötődő megbetegedések világszerte egyre nagyobb problémát jelentenek, így a növénytan kutatások kiemelt céljává vált olyan gabonafajták és genotípusok azonosítása, amelyek a speciális lisztfehérje összetételüknek köszönhetően a betegek számára is fogyaszthatók lehetnek. Jelenleg a betegek számára az egyetlen lehetőség tüneteik enyhítésére egy folyamatos diéta betartása, amely teljes mértékben mellőzi a betegséget kiváltó élelmiszer-alapanyagokat. A gabonák fehérjetartalma és tartalékfehérje összetétele befolyásolja a végtermék sütőipari minőségét, valamint kiemelt szerepet játszik a betegségek kialakulásában, így a cöliákias betegek autoimmun reakciójában is.

A klímaváltozás következtében fellépő környezeti stresszhatások, mint a vízhiány, az egyenlőtlen csapadékeloszlás, valamint a megemelkedett légköri szén-dioxid tartalom hatással vannak a gabonák tartalékfehérje mennyiségére, megoszlására, így a lisztminőségre, emellett befolyásolják a betegség kiváltásáért felelős immunreaktív fehérjék mennyiségét.

Kutatásunk során a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Gabona Génbankja által biztosított alakor populációból szérumos ELISA előszűrés alapján kiválasztott alacsony antigén tartalmú genotípusokat vizsgáltunk kontrollált klímakamrai környezetben. Ennek során emelt légköri CO₂ szint mellett virágzás kezdeti és szentelítődés korai fázisában szárazság stressz kezelést alkalmaztunk. Továbbá ezeket a genotípusokat szántóföldi környezetben konvencionális és ökológiai termesztésben is vizsgáltuk.

A vizsgálatok során szabályozott környezeti körülmények között lehetőség nyílt az alakorok természetbiztonságának, klímaadaptációs képességének vizsgálatára, a sütőipari minőséget befolyásoló fehérje frakciók jellemzésére.

A klímakamrás nevelés során eltérő eredményeket tapasztaltunk a növényeket a különböző fenofázisban érő vízhiány relatív fehérjetartalomra, valamint tartalékfehérje alfrakciókra gyakorolt hatását illetően. Megállapítottuk, hogy a klímakamrás környezetben nő az ω -gliadinok aránya a szemekben a γ -gliadinokhoz képest. Továbbá a szántóföldi környezetben az ökológiai termesztésben nevelt alakor genotípusok magasabb relatív fehérjetartalommal rendelkeztek a konvencionális termesztésben neveltekhez képest. Az ökológiai termesztésből származó minták abszolút gliadintartalma 2,06-23,20%-kal haladta meg a konvencionális termesztésből begyűjtöttékét. Mind az ω -, γ -, és α -gliadintartalmuk magasabb, mint a konvencionális termesztésben lévőké.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a nevelési körülmények és a kezelések következtében kialakult változások mértéke nagyban függ az alkalmazott kezelések időzítésétől és az alakor genotípusok stressz-adaptációs tulajdonságaitól.

A kutatást az OTKA (FK-142170), „Alacsony immunreaktivitású alakor genotípusok immunanalitikai vizsgálata és reológiai jellemzése” című pályázat támogatta.

GÉNBANKI KUKORICA POPULÁCIÓK BELTARTALMI JELLEMZŐINEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

Bódi Zoltán

www.bluecorn.5mp.eu, Miskolc

Egyre növekvő igény azon természetes eredetű élelmiszerek előállítására, amelyek tápláló jellegük mellett más tulajdonságaiknál fogva alkalmasak az egészség megőrzésére, továbbá erősítik a szervezet védekező mechanizmusát. Az ilyen típusú élelmiszereket funkcionális élelmiszereknek nevezzük. Napjainkban intenzív kutatások folynak világszerte a fenti megállapításoknak megfelelő élelmiszer alapanyagok felkutatására, vizsgálatba vonására. E kritériumoknak megfelelően, ilyen növények lehetnek a kék, lila, vörös szemszínű kukoricák, melyek értékes beltartalmi értékekkel (fehérje, antioxidánsok, mikroelemek), különleges ízvilágukkal a változatos étrend és az egészséget megőrző, elősegítő funkcionális élelmiszerek alapját képezhetik.

Kísérletemben vizsgáltam a különböző eredetű, eltérő szemszínű génbanki kukorica populációk alap beltartalmi mutatóit (fehérje-, zsír-, hamu-, keményítőtartalom) és vízdoldható antioxidáns tartalmukat. A kapott eredményeket összehasonlítottam a jelenleg legnagyobb zsákszámú eladott három sárgaszemszínű kereskedelmi hibrid azonos adataival. Jelenleg a génbanki populációim közel 20%-a került a vizsgálat alá. A kapott adatok alapján jelentős különbségek figyelhetők meg. A tájfajták beltartalmi értékei jelentős mértékben meghaladják a kereskedelmi hibridek beltartalmi mutatóit.

Munkámat a Széchenyi 2020” VP-4-10.2.2.-20 - Ritka és veszélyeztetett növényfajták genetikai erőforrásainak és mikroorganizmusok ex situ megőrzése című pályázat 3267160823 sz. projekt támogatásával végeztem.

SZÓJA (*Glycine max* (L.) MERR.) FAJTÁK MAGFEHÉRJÉINEK VIZSGÁLATA MALDI-TOF MS TÖMEGSPEKTROMETRIAI MÓDSZERREL

BOJTÉ CSILLA¹, HAJÓSNÉ NOVÁK MÁRTA², VARGA KRISZTINA¹, CSÍZI ISTVÁN¹
MICSINAI ADRIENN³

¹MATE, Karcagi Kutató Intézet, Karcag

²MATE, Növénytudományi Doktori Iskola, Gödöllő

³Eurofins Analytical Services Hungary Kft, Budapest

Hét, köztermesztésben lévő szójafajta magjai tartalékfehérje összetételének mátrixszal segített lézer deszorpció/ionizációs repülési idő tömegspektrometriával (MALDI-TOF-MS) vizsgálatára gyors és olcsó rutin módszert dolgoztunk ki. A különböző extraháló oldatok alkalmazása után a vizsgált genotípusok spektrumai között jelentős mennyiségi és minőségi különbségek voltak. A spektrumokon a tripszin inhibitorokon kívül a rák megelőzésében és/vagy gyógyításában fontos kis molekulatömegű lunasin peptid is megjelent. A vizsgált hét fajta közül három tartalékfehérje spektrumán nem találtunk a lunasin peptid molekulatömegéhez (5,45 kDa) közeli csúcsot. A nagy feloldóképességű proteomikai módszerrel négy fajtánál viszont ebben a régióban egyedüli és kettős, feltehetően a fehérje oldalláncok módosulásából létrejött, az izoformák jelenlétére utaló csúcsokat detektáltunk. Az egyedüli csúcsok m/z értéke 5542, 5349, 5198, 5120 és 5350 volt. A kettős csúcsok egyike a 6-os jelű fajtában a lunasin peptid (5208 m/z), a 3-as fajtában pedig egy ennél kisebb molekulatömegű ismeretlen fehérje (3573 m/z). A másik csúcsok, az izoformák, pedig a BBI régióban láthatók az 7309 és az 7143 m/z értékeknél. Eredményeink alapján megállapítható, hogy a MALDI-TOF MS analízis savas vagy semleges nátrium-kloridos extrakció után alkalmas az 5 kDa körüli, illetve ennél kisebb molekulatömegű, biológiailag aktív fehérjék/peptidek és/vagy izoformáik kimutatására. A továbbiakban a MALDI-TOF-MS analíziseket szintetikus lunasin standarddal meg kell ismételni, és az ismeretlen, kis molekulatömegű fehérjét továbbá az izoformákat azonosítani és jellemezni kell.

Kulcsszavak: szója, magfehérjék, nátrium-klorid, MALDI-TOF-MS, bioaktív peptidek

MATRIX ASSISTED LASER DESORPTION IONISATION TIME OF FLIGHT MASS SPECTROMETRY (MALDI-TOF MS) ANALYSIS OF SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merr.) SEED PROTEINS

CS. BOJTÉ¹, M. HAJÓS-NOVÁK², K. VARGA¹, I. CSÍZI¹, A. MICSINAI³

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Karcag, Hungary,

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, Hungary,

³Eurofins Analytical Services Hungary Kft

The seed protein pattern of seven soybean cultivars was studied after sodium chloride extraction, and MALDI-TOF-MS separation to reveal the soybean seed proteins, furthermore to find soy bioactive proteins/peptides of low molecular weight. After sodium chloride extraction the spectrums revealed quantitative and qualitative differences. Of the seven studied varieties three showed multiple peaks. The extract of sample 6# displayed a cluster of peptides with 5208 m/z and 7309 m/z values, suggesting the presence of two lunasin isoforms in this variety. The laddering mass-shift was 2101 Da. New, unknown variants with 3031 m/z and 3575 m/z were found in the samples 3# and 6#. To confirm the presence of the lunasin peptide in the seeds of soybean varieties after sodium chloride extraction, the analysis should be repeated with a synthetic Lunasin peptide.

Keywords: soybean, seed proteins, sodium chloride, MALDI-TOF-MS, bioactive peptides

Bevezetés

A szójamag fehérjét globulinok és albuminok alkotják. A globulinok vagy tartalékfehérjék a mag fejlődése során szintetizálódnak, és a fehérje testekben raktározódnak. Az albuminok szedimentációs koefficiensük alapján glicininre és β -konglicinre oszthatók. Ezek a magfehérjék két fő komponensei, amelyek az összes magban található fehérje ~70%-át teszik ki. A kettő aránya határozza meg a szójafehérje minőségét és a szója termékek funkcionális sajátosságait. Ezeken kívül a szója magban 8-15%-nyi mennyiségben található bioaktív fehérjék is; β -amilázok, lipoxigenázok, lektinek, ureázok, tripszin inhibitorok (Kunitz Trypsin Inhibitor, KTI és Bowman-Birk Inhibitor, BBI). A 21,5 kDa molekulatömegű KTI és a 6-8 kDa molekulatömegű BBI elektroforetikus sajátosságait számos szerző tanulmányozta natív poliakrilamid gélelektroforézissel (PAGE), SDS PAGE-vel, IEF-PAGE-vel urea jelenlétében nátriumacetátos vagy 2-propanolos extrakció után.

Ezekon kívül azonban vannak olyan ~5 kDa molekulatömegű bioaktív vegyületek, amelyek az irodalmi adatok szerint nátrium-acetáttal nem oldhatók ki. Ilyen a lunasin is, amelynek polipeptid lánc 43-aminosavat tartalmaz, és korábban azt gondolták, hogy az 2S albumin. A lunasin peptidet először *Odeni et al.* izolálták és szekvenálták Japánban 1987-ben. Biológiai hatását, kemoterápiás célra való felhasználását, azonban csak a lunasin gén (*GM2S-1*) izolálása és klónozása után (*Galvez et al.* 1997) lehetett bizonyítani *in vitro* emlős sejteken és *in vivo* egereken végzett kísérletekkel.

A lunasin egy 5,45 kDa molekulatömegű, a természetben is előforduló peptid, amelyet szójából először *Hernandez-Ledesma et al.* (2009) izoláltak. A szójamag lunasin tartalma fajtánként változó, és jelentősen befolyásolja a környezet, valamint a feldolgozás körülményei is (*Zhu et al.* 2019). *De Mejia et al.* (2004) az USDA szója csíraplazma kollekciónak jelentős variabilitást találtak a lunasin tartalomban. Tehát a lunasin tartalom nemesítéssel növelhető.

A fentiekben említettek miatt kísérleteink célja volt: (1) proteomikai módszer kidolgozása szója fajták magfehérje komponenseinek tanulmányozására MALDI-TOF-MS analízissel, (2) új, egyedi tartalékfehérje variánsok keresése, (3) egyéb szójafehérjék és/vagy biológiailag aktív fehérjék/peptidek detektálása az ~5 kDa és az ez alatti régióban.

Anyag és módszer

Hét, köztermesztésben lévő szójafajtából fajtánként 20-20 szemlet egyenként megdaráltunk, majd ötféle izolálóval (NaCl savas puffer, NaCl semleges puffer, 1-propanol, 2-propanol és 60% EtOH puffer) a tartalék fehérjét *Bojté* (2022) módszere szerint a magból kivontuk. Az extraktumokat MALDI-TOF MS készülékkel (Bruker Mikrofleks LT MALDI-TOF MS) vizsgáltuk a Wessling Hungary KFT-ben. A kinyert tartalékfehérjék tömegspektrumát FlexAnalysis szoftverrel (Bruker Daltonik) és a *Bojté* (2022) által kidolgozott módszerfájlal elemeztük. Az elemzés során a vizsgált anyag töltött részecskéinek térben és időben elválasztott pontos tömegét és töltöttségük hányadosát (m/z) *Bojté* (2022) módszere szerint határoztuk meg.

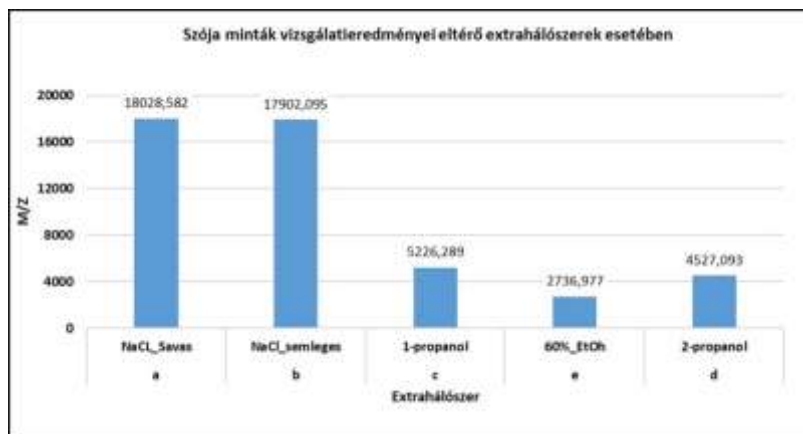
A statisztikai kiértékeléseket az SPSS v13.0 programmal végeztük az R 4.1.3. statisztikai környezetben ([http7](http://7)) Rstudio ([http6](http://6)) grafikus felülettel, az *agricolae* csomagok felhasználásával. Ennek során az extrahálószer és az m/z érték közötti kapcsolatot *Pearson*-féle korrelációs analízissel határoztuk meg. A mért m/z adatok középértékeinek az összehasonlítása pedig a legkisebb szignifikáns különbség módszerével történt.

Eredmények

A szójamagból kivont tartalékfehérje minőségét és mennyiségét, és ezáltal a tömegspektrumban megjelenő fehérje csúcsok számát és intenzitását is, az extrahálószer jelentősen befolyásolja. Az általunk vizsgált ötféle előkészítési módszer esetében a legrészletesebb tömegspektrumot a savas és a semleges nátrium kloridos pufferek alkalmazása

után kaptuk. A *Pearson*-féle korrelációs együttható szerint a NaCl savas és a NaCl semleges extraháló szerek, valamint az *m/z* értékek között $p < 0,1\%$ -os szinten igazolt szignifikáns, közepes, pozitív kapcsolat volt ($r = 0,656^{**}$ és $r = 0,623^{**}$) (1. ábra)

1. ábra. Nyers szójamagból öt extraháló szerrel kapott tartalékfehérje spektrumok összehasonlítása *m/z* érték alapján



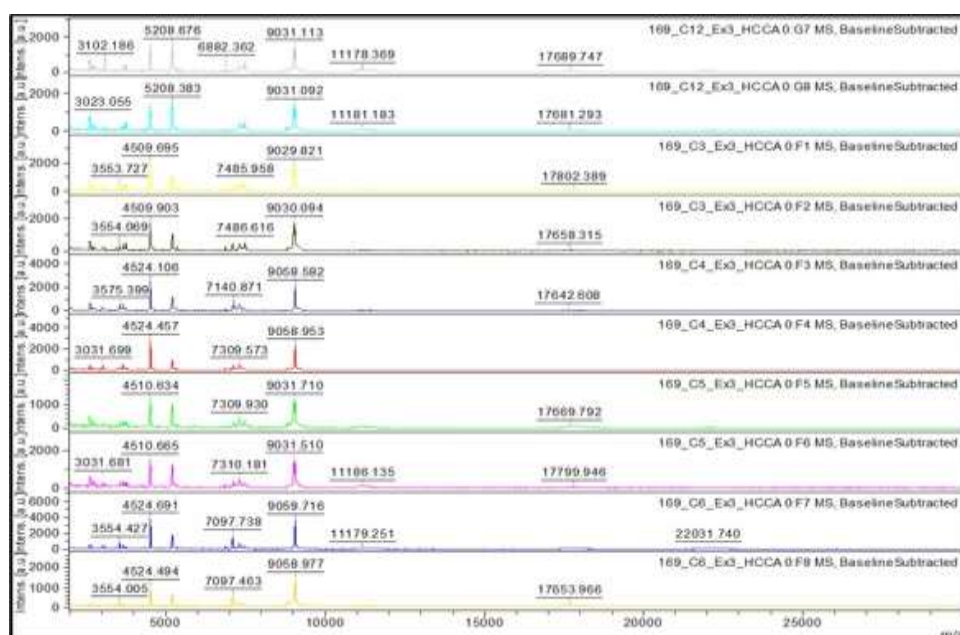
A vizsgált szófafajták tömegspektrumának elemzése során a 3031-25133 *m/z* tartományban 62 db. csúcs volt. Ezek száma fajtától függően 6 és 14 között változott (1. táblázat.). Az egyedi csúcsokon kívül három fajtánál kettős csúcsok is megjelentek a spektrumokon.

A lunasin molekulatömege 5,45 kDa. Ennek alapján az 1, 5 és 7-es fajtákban nem volt lunasin peptid molekulatömegéhez közeli csúcs a spektrumokon. Viszont a 2-es, 3-as, 4-es és 6-os mintáknál ebben a régióban 1 vagy 2 csúcsot detektáltunk (1. táblázat). A 2-es fajtánál az 5542 és az 5349 *m/z* értékeknél található a lunasin. A 3-as fajtában az 5198 *m/z* tömegnél, a 4-es fajtában az 5120 és az 5350 *m/z* értékeknél. Itt a két csúcs közötti különbség 230 Da. A 6-os fajtában pedig 169 kDa a különbség az 5208 és az 5377 *m/z* értékű csúcsok között. Feltételezésünk szerint az eltérő *m/z* értékű kettős csúcsok a fehérje oldalláncban bekövetkezett változás miatt jöhettek létre, amely új izoformák kialakulásához vezethetett. Erre utalnak a 3-as fajtában talált ismeretlen fehérje/peptid (3573 *m/z*) és a BBI tartományban detektált 7143 *m/z* értékű kettős csúcsok (1. táblázat). Itt a két csúcs *m/z* értéke közötti különbség, a tömegeltolódás (*ladder mass-shift*) miatt 3570 Da. Ez azonos a 3-as fajtában lévő ismeretlen csúcs *m/z* értékével. A 6-os fajtában az 5208 *m/z* tömegű csúcs is feltehetően a lunasin peptid. Izoformája pedig 2101 Daltonnal távolabb, a BBI régióban 7309 *m/z* tömegnél található (2. ábra).

1. táblázat . Szójafajták magfehérjéiben a 400-22 500 m/z tartományban detektált összes csúcsok száma (db), a legnagyobb és a legkisebb molekulatömegű csúcsok m/z értékei, a kettős csúcsok előfordulása és ezek m/z értékei MALDI-TOF-MS analízis után

| Fajta | Összes csúcsok száma (db) | Legnagyobb tömeg (m/z) | Legkisebb tömeg (m/z) | Lunasin csúcsok tömege (m/z) | Kettős csúcsok tömege (m/z) |
|-------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 9 | 16705 | 4180 | - | |
| 2 | 6 | 16700 | 4082 | 5445 | |
| 3 | 9 | 21960 | 3573 | 5198 | 3573; 7143 |
| 4 | 14 | 9269 | 3855 | 5235 | |
| 5 | 11 | 25133 | 3866 | - | |
| 6 | 10 | 25133 | 3031 | 5377 | 5208; 7309 |
| 7 | 7 | 13131 | 4525 | - | 6568; 6788 |

2. ábra. A lunasin peptid molekulatömegéhez közeli egyedi (5377 m/z) és kettős csúcsok (5208 m/z; 7309 m/z) a nyers szójamag MALDI-TOF MS spektrumon



Serra et al, 2016 étkezési célra használt szójamag darák MALDI-TOF analízise után az 5000 Da tömeg tartományban öt csúcsból álló lunasin peptid izoformákat azonosítottak. A variánsok között a tömegeltolódás 162 Da volt. 2D SDS-PAGE módszerrel lunasin peptidet azonosítottak Chňapek et al, (2021). Hajós-Novák et al, (2009) szója tripszin inhibitorok 1D SDS-PAGE elválasztás és kolloid festés után a BBI csúcs közelében egy attól eltérő, de közeli rf értékű, feltehetően lunasin izoformát figyeltek meg.

A lunasin peptid nátrium kloridos extrakció utáni megjelenésének megerősítésére a MALDI-TOF MS analíziseket szintetikus lunasin standard alkalmazásával meg kell ismételni. A 3031 és 3573 m/z értékű, kis molekulatömegű új variánsokat, valamint az izoformákat pedig azonosítani és kémiaiailag jellemezni kell.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük az Eurofins Analytical Services Hungary Kft-nek (korábban WESSLING Hungary Kft) a lehetőséget a MALDI-TOF analízisek elvégzésére.

Irodalom

- Bojté, Cs. (2022): Különböző növényi vetőmagok genetikai homogenitás vizsgálata tömegspektroszkópiai technológiával. PhD. értekezés. Debrecen
- Chňápek, M., Rajnincova, D., Balážová, Ž., Ražná, K., Vivodík, M., Hromadová, Z., Mikolášová, L., Gálová, Z. (2021): Proteomic and genetic approach for lunasin peptide and gene presence detection in various plants. *Biol. Life Sci. Forum*, **11**, 86.
- Galvez A. F., Revilleza, M. J. R., de Lumen, B. O. (1997): A novel methionine-rich protein from soybean cotyledon: cloning and characterization of cDNA (accession no. AF005030). Plant Gene Register #PGR97-103. *Plant Physiol*, **114**, 1567-1569.
- Galvez, A. F., de Lumen, B.O. (1999): A soybean cDNA encoding a chromatin-binding peptide inhibits mitosis of mammalian cells. *Nat. Biotechnol*, **17**, 495–500.
- Hajós-Novák, M., Szamos, J., Gasztonyi, M., Hajós, Gy.[†] (2009): Characterization of 2-propanol soluble seed proteins in mutant soybean (*Glycine max* [L.] Merr) lines. *Acta Alimentaria*, **39**, 164-168.
- Hernández-Ledesma, B., Hsieh, C. C., de Lumen, B. (2009): Lunasin, a novel seed peptide for cancer prevention. *Peptides*, **30**, 426–430.
- Odani, S., Koide, T., Ono, T. (1987): Amino acid sequence of a soybean (*Glycine max*) seed polypeptide having a poly (L-aspartic acid) structure. *J. Biol. Chem*, **262**, 10502–10505
- Serra, A., Gallart-Palau, X., See-Toh-Su-En, R., Hemu, X., Tam, J., Kwan-Sze, S. (2016): Commercial processed soy-based food product contains glycated and glyoxidated lunasin proteoforms. *Sci Rep*, **6**, 26106.

KOLORIMETRIKUSAN KIEGYENSÚLYOZOTT SZÍNSZTÁLYOK RENDSZERE A SZABADFÖLDI RÓZSA (*Rosa × hybrida* hort.) FAJTÁK IN SITU MÉRT LOMBSZÍNÉNEK LEÍRÁSÁRA

**Boronkay Gábor, Hamarné Farkas Dóra, Kisvarga Szilvia, Neményi András Béla,
Orlóci László**

*Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti
Intézet, Dísznövénytermesztési és Zöldfelületgazdálkodási Kutatócsoport, Budapest*

A kerti rózsza (*Rosa × hybrida* hort.) rendkívüli variabilitása miatt a fajták leírásához és szabadföldi ellenőrzéséhez olyan virág- és lomb-színrendszerek kidolgozása vált szükségessé, melyek műszeres mérések adatain alapulnak, referencifajták színeivel jellemezhető osztályokból állnak, az osztályok egyenletes elhelyezkedését a színtérben kolorimetrikus szabályok biztosítják, támogatják a számításon alapuló besorolást, ugyanakkor a terepi munka során is megbízhatóan használhatók. Ennek megfelelően a rózsafajták kiterült lombzatának kolorimetrikus leírására a Budatényi Rózsakertben megkezdtük egy színrendszer kialakítását az általunk korábban kidolgozott és publikált szírom-színrendszer adaptálásával.

A rendszer jellemzői a következők: 1) Minden lombszín-osztályt egy rá jellemző szín jellemez, ez a súlyponti szín, mely egy fajta tényleges, mért adatokból átlagolt levélszíne CIE $L^*a^*b^*$ színtérben, D65 megvilágítás és 10° megfigyelő szabvány szerint mérve. 2) Egy mért lombszín besorolása a súlyponti színek és a kérdéses szín között számított CIEDE2000 (ΔE_{00}) szabványú színtávolságok minimuma alapján történik. 3) Az osztályok kolorimetrikus kiegyensúlyozottsága azon alapul, hogy a szomszédos súlyponti színek közötti színdifferencia limitált: $5 < \Delta E_{00} < 7$. 4) A súlyponti színek közel egyenletesen töltik ki a színtér azon tartományát, ahol lombszín előfordulhat. Ennek biztosítéka, hogy egy osztály maximális mérete $12,12 \Delta E_{00}$ értéknél nem lehet nagyobb ($7 \Delta E_{00}$ élhosszúságú hexaéder testátlója alapján). 5) Az osztályok száma is kolorimetrikus alapon optimalizált. A súlyponti színek közötti $6 \Delta E_{00}$ optimális differencia és a mérési pontatlanságot lekezelő korrekció ($0,19 \Delta E_{00}$) alapján egy osztály akkor nem redundáns, ha legalább egy lombszín csak az adott osztályba sorolható be, mert a többitől távolabb áll, mint az $5,81 \Delta E_{00}$ limitérték. Új színkategória beillesztésénél is $5,81 \Delta E_{00}$ a limitáló feltétel.

2021-ben a Budatényi Rózsakertben 10020 mérés alapján összesen 1002 lombszín mértünk le, melyekből a fenti szabályok alapján 6 színosztályt tudunk elkülöníteni. A fajták lombszínét akkor mértük, amikor a levélkék teljesen kiterültek de még rugalmasak (friss tömegük $270-300 \text{ mg/cm}^2$). Egy mért szín 10 mérés átlaga, a mérések a levélke adaxiális oldalán az érközökben történt. Mind az 1002 fajtát besoroltuk a minimális színtávolság elve alapján, és ezt a génbanki adatbázisba rögzítettük.

| Ajánlott név | RHS színkártya | Súlyponti szín paraméterei | | | Referencia fajták: a lombzat színe és a súlyponti szín közötti távolság $< 1,5 \Delta E_{00}$ |
|------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------|-------|--|
| | | L* | a* | b* | |
| I. drávit-zöld | N199a/b | 33,04 | -0,47 | 12,51 | 'Paola' |
| II. petrezselyem-zöld | NN137b +5 h | 34,35 | -3,26 | 7,59 | 'Chanelle', 'Floradora' |
| III. lombzöld | 147a | 35,60 | -6,21 | 14,10 | 'Mme. Caroline Testout' 'Chrysler Imperial' |
| IV. mohazöld | 146a/152a -5 C | 43,47 | -3,57 | 16,85 | 'Carmenetta' 'Nagyhagymás', 'Gartenzauber' |
| V. sövényzöld | 147b +8 C | 43,19 | -7,90 | 27,29 | 'Emese', 'Herman Lindecke' |
| VI. sztyeppezöld | 146b/152b | 47,93 | -7,61 | 32,00 | 'Border King', 'Blue Perfume' |

HAJTATÁSRA ÉS SZABADFÖLDI TERMESZTÉSRE IS ALKALMAS MULTIREZISZTENS FEHÉR BLOCKY HIBRID NEMESÍTÉSE

Császár Karola¹, Mitykó Judit², Ruskó József¹, Michaletzky Rita¹

¹Duna-R Kft.

²MATE Genetika és Biotechnológia Intézet, Paprika DH Szolgáltató Laboratórium

A fehér blocky alakú paprika termesztése legnagyobb felületen a Balkánon történik (Szerbia, Bosznia-Hercegovina, Horvátország), emellett Romániában is jelentős termesztőterületek vannak. A legnagyobb arányban szabadföldön termesztik, a fólia alatti hajtítás kisebb hányadban történik.

Egyre többen térnek át az intenzív termesztésre, ahol korábban tudnak ültetni és jobbak a termesztés körülményei, így nagyobb hozamok, termésátlagok érhetőek el. Az utóbbi években egyre jobban felszaporodtak a kártevők, kórokozók, aminek következtében felértékelődtek azok a fajták, amelyekbe több rezisztencia került beépítésre (TMV, TSWV, Bs-2). A Duna-R Kft. pályázati támogatást elnyerve az előbb említett rezisztenciák beépítését vállalta két új fehér blocky hibrid fajtába.

A több rezisztencia beépítése egy fajtába nem könnyű feladat, hiszen a rezisztencia gének mellé párosulnia kell a jó stressztűrő-képességnek, jó termőképességnek, jó bogyóminőségnek is. A termelők azokat a fajtákat termesztik szívesen, amelyekkel könnyű dolgozni. A klímaváltozás következtében egyre melegebb lesz. Így fontos szerepe van annak is, hogy a fajták jól termékenyüljenek, biztonságosan kössenek, szabályos bogyókat tudjanak kinevelni. Első körben 60 hibrid kombinációt kellett elkészíteni és ezeket hajtításba fólia alatt talajon intenzív körülmények között, szintén fólia alatt kókuszpaplanon és szabadföldön intenzív körülmények között állítottuk kísérletbe. Több szempontot figyelembe véve először 30-ra, majd 10-re csökkentettük a próbahibridek számát. Ezekből került kiválasztásra a 2 fajtajelöltünk (DR-23/5, DR-23/6), melyeket 2023 végén jelentettünk be állami minősítésre. A nemesítés során nem csak a hagyományos, hanem az újabb nemesítési módszereket is felhasználtuk, együttműködve a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Genetika és Biotechnológia Intézetének Paprika DH Szolgáltató Laboratóriumával. A TMV, TSWV és Bs-2 rezisztenciák beépítésével a két fehér blocky hibrid fajtajelölt biztonságosabban termesztethető, kevesebb vegyszert felhasználva egészségesebb termék kerülhet a fogyasztókhoz. A blocky fajtáknál fontos szempont, hogy vastag legyen a termés húsa, pultállóak, illetve jól szállíthatóak legyenek. Ezeket a fajtákat friss fogyasztásra, konzervipari célra is felhasználják, pl. káposztával megtöltve savanyúsággént is értékesíthetőek. Így gyakorlatilag egész évben elérhető, fogyasztható.

Bizonyos országokban az étkezési szokások lassan és nehezen változtathatóak meg, így ebben a témában való nemesítés hosszútávú programunkban kiemelt helyen kell, hogy szerepeljen. A termékek eladása során a csomagolás módja is sokat változott, ma már az áruházakban ömlesztve vagy kartondobozokba csomagolva érhetőek el. Ehhez jó minőségű, egészséges, tartósabb termés szükséges.

A projekt megvalósítását a GINOP_PLUSZ-2.1.1-21.2022.00002 kódszámú pályázat támogatta

HIDEGHULLÁM TOLERANCIA MEGFIGYELÉSE A KUKORICA KEZDETI FEJLŐDÉSI SZAKASZÁBAN

Csepregi-Heilmann Eszter¹, Áldott-Sipos Ágnes¹, Spitkó Tamás¹, Szőke Csaba¹, Pintér János¹, Berzy Tamás¹, Széles Adrienn², Marton L. Csaba¹

¹ HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

² Debreceni Egyetem, Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen

A kukorica kiváló alkalmazkodóképessége miatt az egyik legszélesebb körben termesztett gabonaféle a világon. Az éghajlatváltozás, a robbanásszerűen növekvő népességszám, az élelmiszer-ellátás bővülő igénye mind-mind szükségessé teszi a kukorica hűvösebb hőmérsékletre való alkalmazkodásának tanulmányozását. A növekvő éves átlaghőmérséklet, a megváltozott – néha szélsőséges – időjárási viszonyok nem kedveznek a kukoricatermesztésnek. A kukorica stressztűrésének javítása ennél fogva kulcskérdés. A kukorica számára optimális hőmérséklet 30°C minden fenofázisban. Ennél lényegesen alacsonyabb a hőmérséklet a vetés és kelés idején, ezért a kukorica hidegtűrésének a legnagyobb szerepe ebben a fejlődési stádiumban van. A csírázáskori hidegtűrés javítása a korai vetés egyik legfontosabb feltétele.

A tavaszi felmelegedést Magyarországon gyakran rövid vagy hosszú hideghullámok szakítják meg. A hidegtűrő kukoricahibridek előnye, hogy korábban vethetők, ami hosszabb tenyészidőt, alacsonyabb betakarításkori szemnedvességet és magasabb terméshozamot eredményez, mivel a vízigény szempontjából legérzékenyebb időszak, a virágzás korábban, azaz a nyári szárazság és hőség beállta előtt következik be.

A HUN-REN ATK Mezőgazdasági Intézetében folyamatos kutatásokat végzünk a kukorica hidegtűrésének javítása érdekében. Jelen kísérletben 60 kukorica beltenyésztett vonalat vizsgáltunk Fitotronban, kontrollált körülmények között. Az optimális kelési hőmérsékletet (23°C) a vetéstől számított 14 nap után egy hideghullámmal (13,5°C, 10 napig) szakítottuk meg. Huszonnégy nappal a vetés után, 3-4 leveles stádiumban megmértük a növények magasságát, a levelek SPAD-értékét, a friss- és száraz tömeget. A vizsgált tulajdonságok eredményei alapján a CO125, CM7, A654, B37 vonalak adtak pozitív választ a hideghullám stressz hatására.

A TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

A 'GK TORONTÁL' A SZÁZÉVES GABONAKUTATÓ LEGÚJABB ŐSZIBÚZA FAJTÁJA

**Cseuz László, Óvári Judit, Papp Mária, Tóth Beáta, Beke Béla, Pauk János, Gajdács
Kálmánné, Purnhauser László, Bóna Lajos, Pugris Tamás**

Gabonakutató Nonprofit Kft., Szeged

Új, nagy termőképességű középérésű őszi búzafajta Szegedről, a fennállásának századik évfordulóját ünneplő Gabonakutató Kft.-től.

A 2024 évben állami elismerést nyert a 'GK Torontál' malmi, középérésű búzafajta. A fajtát egy összetett sokvonalas szegedi búzatörzs (Hnd//Galy/Szlk) és a 'Premio' nyugat európai nagy termőképességű búzafajta egyszeres keresztezéséből, pedigre módszerrel állítottuk elő.

A nemesítési program célja egy középérésű, szálkás kalászu és nagy termőképességű, ugyanakkor a kontinentális éghajlat környezeti stressz hatásaival szemben ellenálló, korszerű búzafajta létrehozása volt.

A 'GK Torontál', közép magas, kiváló állóképességű, produktív szálkás, kalászu fajta, kalász színe teljes éréskor fehér. Szemtermése nagyméretű, kitélt, piros színű, tetszetős. A fajta egyik legértékesebb tulajdonsága a kiváló alkalmazkodó-képesség, a megbízható télállóság és az aszálytűrés, ami az ország egész területén kiegyenlített termést eredményez. A 'GK Torontál' nemesítési programunk tájkísérleti eredményei alapján a környezeti stresszekkel szemben a legellenállóbb genotípusok közé tartozott. Több termőhelyes teljesítmény kísérleteinkben öt termőhely eredményei alapján a leginkább kiegyenlített termőképességű fajta volt. E stabilitással nagyfokú alkalmazkodó-képességét bizonyította, ezért jelentettük be fajtaelismerésre. Termőképességét a NÉBIH teljesítménykísérleteiben is bizonyította, minden termőhelyen a kontroll fajták szintje fölött termelt és a három év átlagában 101,7%-ot ért el.

A fajta növénykórtani szempontból kiemelten előnyös tulajdonsága a kiváló sárgarozsda-, levélrozsda, szárrozsda és kalászfuzárium ellenállóság. Ellenálló képessége a lisztharmattal és levélfoltossággal szemben a fajták átlagának felel meg.

Beltartalmi tulajdonságai alapján a malmi I.-es kategóriába sorolható fajta, azonban takarmány célú felhasználásra is alkalmas. Nedvessikér-tartalma 26-28%, nyersfehérje-tartalma 12-13%. Farinográfus értékszáma alapján a B1 kategóriába sorolható.

Vetőmag termesztése problémamentes, kiegyenlített állománya van, nyitva virágzásra nem hajlamos, kitűnő állóképessége miatt könnyen aratható.

A fajta előállító munka a TKP2020-NKA-21 Tématerületi Kiválóság projekt támogatásával valósult meg.

A HŐSTRESSZ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA AZ ŐSZI BÚZA TAPÉTUM FEJLŐDÉSÉRE ÉS GÉNKIFEJEZŐDÉSÉRE

Fábián Attila, Krárné Péntek Barbara, Soós Vilmos, Sági László

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

A hőstressz jelentősége a mezőgazdaságban a globális klímaváltozás előrehaladtával egyre növekszik. Az alapvető tápláléknövények, köztük a búza terméshozamára gyakorolt negatív hatás miatt az emelkedő környezeti hőmérsékletek gátat szabnak a szükséges mennyiségű élelmiszer előállításának. Bár a hím meiózis és az azt követő ivarsejt fejlődés hőérzékenységet búzában már régóta felismerték, a jelenség pontos génexpressziós hátterét mostanáig nem fedték fel.

Vizsgálataink során a hőérzékeny 'Mv17-09', valamint a hőtűrő 'Ellvis' őszi búzafajták magas hőmérsékletre adott reakcióját tanulmányoztuk, azzal a céllal, hogy az eltérő toleranciával rendelkező fajták stresszválaszát összehasonlítva fedjük fel a búza meiózis hőstressz érzékenységének hátterét. Kísérleteinkben a meiózis idején rövid ideig ható hőstressz által a búza tapétum- és pollen fejlődésre gyakorolt hatásokat vizsgáltuk. A meiózis idején 24 órán keresztül 35 °C-on kezelt, valamint kontroll növények portok mintáiból mind a gének kifejeződés változásainak vizsgálatát, mind pedig a hőkezelés által kiváltott hosszú távú fejlődési és szerkezeti változások elemzését elvégeztük.

A portokok szerkezeti vizsgálata során megállapítottuk, hogy a kezelt, hőstressz érzékeny 'Mv17-09' portokokban a tapétum réteg programozott degenerációja a kontrollhoz viszonyítva jelentősen késik. Ez feltehetően szerepet játszott a csak erre a fajtára jellemző jelentős mértékű mikroszpóra pusztulásban, illetve a túlélő mikroszpórák alacsony raktározott keményítő tartalmában.

Azonosítottuk a tapétum specifikus transzkripciós faktorokat és egyéb géneket, majd megvizsgáltuk ezek expresszióját, különös tekintettel a stresszválaszhoz és a szaporodási folyamatokhoz kötődőkre. A tapétum-specifikus MS1 transzkripciós faktor gén elősegíti a tapétum programozott sejthalálát (PCD), és szükséges a mikroszpórák fejlődéséhez. Az MS1 egy tapétum-specifikus szabályozási kaszkád utolsó tagja, amelyek mindegyike elősegíti a következő elem expresszióját. Vizsgálatunkban ezen kaszkád tagjainak expressziója hőstressz után lecsökkent az érzékeny 'Mv17-09'-ben, ám nem változott a hőtűrő 'Ellvis'-ben. Az EAT1 és TIP2 transzkripciós faktorok szintén elősegítik a tapétum PCD-t. Egy EAT1 ortológ kifejeződése nőtt meg az 'Ellvis' fajtában, míg a TIP2 ortológok kifejeződése mindkét genotípusban csökkent.

A tapétum-specifikus sporopollenin fal szintézis génjei ugyancsak kizárólag az 'Mv17-09'-ben csökkentek le, ami szintén fontos tényező lehet a fajta alacsony fertilitásában. A sporopolleninnel ellentétben a pollenköpeny szintézis gének kifejeződése mindkét genotípusban megnőtt a stressz hatására. Ezek az adatok arra utalnak, hogy a tapétum PCD, a sporopollenin szintézis és a pollenköpeny képződés szabályozása egymástól függetlenül, ám genotípus-függő módon szabályozott. Ugyanakkor kijelenthető, hogy a tapétum-specifikus gének hővezérelt expressziós változásai hosszú távú szerkezeti változásokhoz vezethetnek (például a tapétum fennmaradása, a pollenfal gyengülése), amelyek befolyásolják a fertilitást és a termést.

A kutatásokat az NKFIH OTKA (FK134992), valamint a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00837/21) támogatta.

FUZÁRIUM FERTŐZÉS HATÁSA A KENYÉRBÚZA TARTALÉKFEHÉRJE ÖSSZETÉTELÉRE

Gell Gyöngyvér¹, Nagy-Réder Dalma^{1,2}, Birinyi Zsófia^{1,2}, Rakszegi Marianna¹, Puskás Katalin¹, Békés Ferenc³, Balázs Ervin¹ és Sági László¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológia Doktori Iskola, Budapest

³FBFD PTY LTD, Beecroft, Sydney, Ausztrália

A klímaváltozás nyomán fellépő abiotikus stresszhatások vizsgálata során kutatócsoportunk – másokkal összhangban – több ízben kimutatta, hogy a szárazság- és hőstressz jelentős mértékben hat a kenyérbúza (*Triticum aestivum*) tartalékfehérjéire, megváltoztatva az egyes frakciók mennyiségét és összetételét. Másfelől, a biotikus stresszhatásokkal összefüggésben a közelmúltban szintén bizonyítást nyert, hogy a fuzárium gomba fertőzése nemcsak élelmiszer-egészségi kockázatot jelent, de kedvezőtlenül befolyásolja a szemben található tartalékfehérjék összetételét. Ennek következtében megváltoznak a lisztből készülő tészta reológiai tulajdonságai, valamint a búzához köthető számos immunológiai rendellenességért felelős tartalékfehérje mennyisége.

Kutatásunk során egy mesterséges fuzárium fertőzési kísérletből származó fogékony ('Mv Suba') és mérsékelt ellenálló ('Mv Kolompos') búzafajta tartalékfehérje összetételét vizsgáltuk. A kísérleti parcellákat az állomány virágzásakor kezeltük *Fusarium graminearum* és *F. culmorum* izolátumok spóráinak egyenlő arányú elegyével. A spóraszuszpenzió koncentrációja 50.000 konídium/ml, a kijuttatott mennyiség 200 ml/m² volt. A permetezési inokulációt egy hét időtartamon belül három alkalommal végeztük el, a virágzás korai stádiumától a teljes állomány elvirágzásáig. A vizsgálatba vont lisztmintákon SDS-PAGE fehérje elválasztást végeztünk, és összehasonlítottuk a fertőzés következtében a fehérjeprofilban beállt eltéréseket. A tartalékfehérje összetétel SE- és RP-HPLC meghatározása során az egyes komponensek mennyiségi megváltozásából (glutenin/gliadin aránya, nem-kivonható polimer fehérjék=UPP) következtítettünk a búza sütőipari minőségét meghatározó paraméterekre. Az extrahált fehérjék immunológiai tulajdonságainak változását a Ridascreen® Gliadin R5 (R-Pharma) és AgraQuant® Gluten G12 (Romer Labs) antitesteket tartalmazó ELISA tesztekkel térképeztük fel.

Megállapítottuk, hogy a kalászfuzárium fertőzés markáns változásokat okozott mind a tartalékfehérje mennyiségben, mind pedig az összetételben. Az ezerszemtömeg 18-23%-os csökkenését a nyersfehérje tartalom 2-12%-os emelkedése kísérte. A glutenin típusú fehérjék összes mennyisége a fogékony fajtában 96%-kal, míg a mérsékelt toleráns fajtában 90%-kal csökkent, párhuzamosan a gliadinok mennyiségének 57%-os, illetve 45%-os emelkedésével. Ennek következtében a glutenin/gliadin arány a fogékony fajtában 97,5%-kal, míg a mérsékelt toleránsban 93%-kal csökkent. Bár az UPP érték 6-15%-kal megemelkedett a fertőzés hatására, ez nem jelent jobb sütőipari minőséget a gluteninek említett nagyarányú mennyiségi csökkenése miatt. Az R5 ELISA teszttel mért sikértartalom a fogékony fajtában 51%-kal, a mérsékelt toleránsban 31%-kal csökkent, míg a G12 ELISA teszt mérései alapján ez a csökkenés 40%, illetve 29% volt.

A kutatást az „Agrár-biotechnológia és precíziós nemesítés az élelmiszerbiztonságért Nemzeti Laboratórium” című pályázat (RRF-2.3.1-21-2022-00007), valamint az OTKA (FK-142170) támogatta.

PERSPEKTIVIKUS RÓZSAALANYOK A KLÍMAVÁLTOZÁS TÜKRÉBEN

Janik Attila, Lénárt Zsolt, Kisvarga Szilvia, Boronkay Gábor, Orlóci László

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet

A rózsza, mint dísznövény régóta jelen van az emberiség történelmében, amely során több tízezer fajta került nevelésre. A szemzés, mint a nemes rózsák legelterjedtebb szaporítási módja, a modern nemes rózsatermesztés egyik alapkövének tekinthető. A rózsza alanyok fontos szerepet töltenek be, mind a rózsatermesztés, mind pedig az alkalmazás során is, erre pedig egyre jelentősebb hatást gyakorol a klímaváltozás az egyenetlen csapadékeloszlás és a nagy hőmérséklet ingadások miatt. Mindezek összessége fokozott stresszhatásnak veti alá növényeinket. Ezen hatások mérséklésére kiváló módszer, ha a Magyarországon honos, vagy régóta honosult genetikai alapokat használjuk nevelési tevékenységünkhöz. A honos rózsafélék, elsősorban a *Rosa canina* talán a legnagyobb változékonyságát a Kárpát-medencében mutatja.

A mérésorozat során öt, Magyarországon alkalmazott fajt és klónjaikat vontuk be a kísérletbe. Az alanyokból 2022 októberében állományt létesítettünk a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budatétényi Rózsakertjében öntözetlen körülmények között. 2023-ban ezen tövekről autovegetatív szaporítást végeztünk. Fajonként és fajtánként 10-10 darab dugvány készült, ezek közül 10 hormonkezelés nélküli (kontroll), 10 Incit gyökereztetést elősegítő szerrel és 10 Clonex gyökereztetést segítő szerrel kezelve került ültetésre. A dugványozás eredményességének kiértékelésére 2023 nyár végén került sor.

A kiértékelés alapján az alkalmazott alanyok közül a *Rosa multiflora* volt a legsikeresebb 76,67%-os sikerességi rátával, a termesztésben gyakran alkalmazott 'Inermis' sikeressége mindössze 16,67% volt. Az új nevelésű alanyok közül említésre méltó a '14a/1-3 Csokros' fajta, amely a legjobban teljesített a kísérlet során, 36,67%-os sikerességgel. A '8a 1-5' fajtánál 20%-os arányban volt sikeres a dugványozás és az '5b/2-5' fajtánál csak 16,67%-os eredményt adott.

A dugványozás eredményei alapján az előbb említett '14a 1-3', '8a 1-5', és 5b/2-5 fajtákat ajánlhatók további mérésekhez.

Összefoglalva elmondható, hogy az új *Rosa canina* 'Inermis' klónok alkalmasak lehetnek a rózsatermesztés klónalany-használatára. A klónalanyok használatával a rózsafajták használati értékét jelentősen növelni tudjuk, ezáltal a rózsza zöldfelületi alkalmazása jelentős mértékben növelhető, a változó klíma és urbanizációs hatásának tükrében.

THE ARABIDOPSIS SULFATE TRANSPORTER *ATSULTR1;2* IS A NEGATIVE REGULATOR OF RESISTANCE TO *Ralstonia solanacearum*

JENY JOSE^{1,2}, ZOLTÁN BOZSÓ³, ATTILA FÁBIÁN¹, CSABA ÉVA¹, LÁSZLÓ SÁGI¹

¹HUN-REN Centre for Agricultural Research, Agricultural Institute, Martonvásár

²Doctoral School of Plant Sciences, Hungarian University of Agricultural and Life Sciences, Gödöllő,

³HUN-REN Centre for Agricultural Research, Plant Protection Institute, Budapest

Ralstonia solanacearum (*Rs*), a hemibiotrophic bacterial pathogen, causes bacterial wilt in over 200 plant species, including banana, potato, tobacco, and tomato. Due to its destructive symptoms and adaptability to various environmental conditions, *Rs* stands out as one of the top 10 plant pathogenic bacteria in history demanding extensive research. To decipher the molecular mechanisms underlying resistance to *Rs*, the Arabidopsis-*Rs* system serves as a model, capitalising on abundant genetic resources. The identification of genes contributing to susceptibility to *Rs* infection is crucial for devising effective control strategies. In this study, we shed light on the role of a sulfate transporter (*AtSULTR1;2*) in *Arabidopsis thaliana* as a negative regulator of resistance mechanisms to *Rs*, including the suberisation of cell walls. This work enhances the understanding of the *Rs*-*AtSULTR1;2* interaction and holds promise for developing resistance strategies across a broad spectrum of host plants.

Keywords: Resistance; *Ralstonia solanacearum*, sulfate transporter, *AtSULTR1;2*

Introduction

Plant pathogens pose a significant threat to agricultural productivity by causing substantial declines in crop yields. Among these, *Ralstonia solanacearum* (*Rs*), a highly adaptable biotrophic phytopathogen, is notorious for instigating the devastating bacterial wilt disease, affecting nearly 200 host species (Buddenhagen and Kelman 1964, Hayward 1991, Patil et al. 2012). Its global impact ranks *Rs* as the second most detrimental plant pathogenic bacterium, owing to its ability to induce wilting in host plants and its resilient nature, which complicates eradication efforts. In response to such threats, plants have evolved intricate defense mechanisms comprising gene regulations and a complex interplay of secondary metabolites and phytohormones upon encountering *Rs*. These defense pathways encompass critical processes such as plant-pathogen interactions, secondary metabolite biosynthesis, MAPK signaling, and plant hormone transduction. Pathogens evade this primary response and employ various strategies, including the manipulation of plant genes with TAL effectors, to sustain themselves with sugar and sulfur availability (Garcia-Ruiz et al. 2021). The interference of bacteria and other plant pathogens with plant sulfur metabolism serves as a key strategy for their survival. (Hemi)biotrophic pathogens, including oomycetes species, have lost certain sulfur assimilation stages during evolution, compelling them to rely heavily on host metabolism for sulfur-containing compounds vital for their virulence (Wang et al. 2022). Consequently, sulfur deprivation becomes an indication of pathogen attack for plants, triggering SA-mediated defense responses and enhancing resistance against (hemi)biotrophic bacteria, but not to necrotrophic fungi (Criollo-Arteaga et al. 2021). This highlights the intricate dynamics between pathogens and hosts in their competition for essential nutrients like sulfur. Targeting crucial components like sugar and sulfur transporters for knockout emerges as a viable strategy to bolster plant resistance against such pathogens.

Sulfur plays a vital role in plant biology, contributing to essential processes such as the synthesis of the sulfur-containing amino acids cysteine and methionine. Additionally, sulfur is

crucial for plant defense against diseases, detoxification of various compounds, and overall stress tolerance. In natural environments, sulfur primarily exists in the form of sulfate ions, necessitating an efficient system for its uptake and distribution within plants. For uptake, sulfate ion must cross the Casparian strip of the root endodermis and it has been shown that sulfur deficiency increases suberisation of the Casparian strip, which could prevent its leakage from the stele (Barberon *et al.* 2016).

Plants have evolved a complex network of sulfate transporters (SULTRs), organised into distinct subfamilies, to facilitate the absorption and distribution of sulfate throughout their organs. For instance, the SULTR1 and SULTR2 subfamilies are involved in sulfate uptake from the soil and its subsequent transport to aerial parts (Takahashi *et al.* 2000, Shibagaki *et al.* 2002, Cao *et al.* 2013, Chen *et al.* 2019). Moreover, certain SULTRs, such as SULTR3;6, have been identified as susceptibility factors in plant-pathogen interactions. These transporters are implicated in modulating defense hormone signaling and stomatal closure, making them potential targets for enhancing plant resistance against pathogens. Furthermore, the activation of specific SULTRs by virulence factors from bacterial pathogens like *Xanthomonas* underscores their significance in disease development (Cernadas *et al.* 2014, Garcia-Ruiz *et al.* 2021, Scinto-Madonich *et al.* 2023). Given that *Rs* bacteria can produce active TAL effectors, it is hypothesised that certain *Rs* effectors might influence the expression of SULTR-encoding genes. It is plausible that disrupting or mutating the genes involved in sulfur assimilation and metabolism could enhance the host's resistance to the pathogen. Our study aimed to assess the potential effect of this approach on the resistance to *Rs*.

Materials and Methods

The seeds of *A. thaliana* ecotype Columbia (Col-0; wild-type) seeds and AtSultr1;2 mutants were surface sterilised, followed by a 48-hour stratification process at 4 °C. Subsequent to stratification, the seeds were sown on Petri dishes containing half-strength Murashige and Skoog (MS) medium (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) supplemented with 10 g/L sucrose, achieving a final pH of 5.8. Upon germination, typically occurring between the 7th and 10th day, the seedlings were transplanted into Jiffy pots, initially maintained at 21°C under short-day conditions (8 h light) with elevated relative humidity for the first 3 days. These plants received irrigation with ¼ strength MS medium (pH 5.6, containing salts only, no vitamins) to support their growth. The cultivation occurred in controlled environmental test chambers (SANYO, MLR-351) equipped with 800 W fluorescent lamps.

To inoculate *Arabidopsis* plants, both control and the mutant, grown in Jiffy pots at approximately six weeks of age under short-day conditions (23 °C, 11 h light), 20 plants per genotype were exposed to *Rs* strain GMI1000. The bacterial suspension, with an optical density of 0.2 set at 600 nm (approximately 10⁸ CFU/mL), was utilised for the inoculation process. Prior to inoculation, the plant roots were cut 1 cm from the bottom of the Jiffy, and the plants were immersed for 30 min in the bacterial suspension. Post-inoculation, the plants were kept at 27 °C under short-day conditions (11 h light). Disease progression was consistently monitored from seven to 19 days post-inoculation (dpi) across all genotypes. A disease index, classifying severity into five grades, was employed: Grade 0 indicating no leaf wilting to Grade 4 assigned in case of complete leaf wilting.

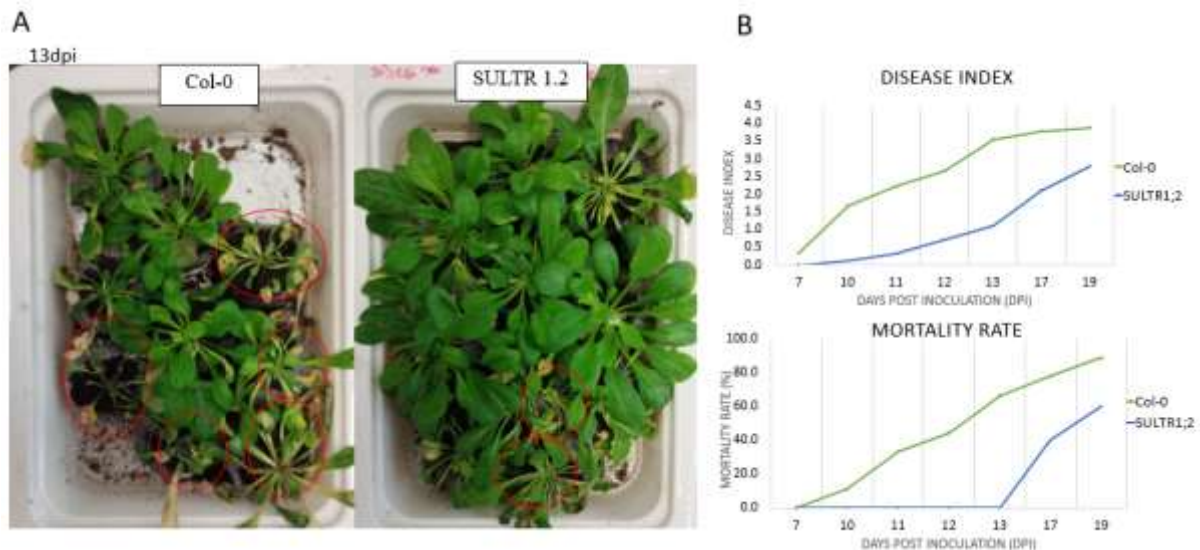
Suberisation evaluation was carried out on seven-day-old seedlings of both Col-0 and AtSultr1;2, cultivated on solid half-strength MS plates without sucrose. These seedlings were vertically grown in growth chambers set at 22 °C under continuous illumination at photosynthetically active radiation of 100 µE. To visualise suberin on the root surface *in vivo*, the roots were immersed in a freshly prepared solution containing 0.01% (w/v) Fluorol Yellow 088 (Santa Cruz Biotechnology, Inc., Dallas, Texas, USA, CAS: 81-37-8) dissolved in lactic acid at 70 °C and incubated for 1 h (Lux *et al.* 2005) before examination under a microscope. The confocal laser-scanning microscopy images were captured using a Leica SP8 microscope

with the Leica Application Suite X (LAS X) program v3.1.5.16308. The specific filter settings for Fluorol Yellow were as follows: excitation at 488 nm and detection in the range of 500–530 nm. The relative fluorescence intensity of the dye was quantitated on the captured images using the LAS X software by measuring 20 micrographs per genotype and treatment, using 1 ROI per micrograph.

Results and discussion

The AtSultr1;2 sulfate transporter mutant plants showcased a notable increase in resistance to *Rs* (GMI1000) when compared to the Col-0 control (*Figure 1*). The elevated resistance manifested through a significantly diminished incidence of wilted plants resulting in lower disease index and mortality rate. At 13 dpi, the AtSultr1;2 mutants remained in a healthy state, while the Col-0 plants succumbed to the rapidly spreading *Rs* infection at an earlier stage with a higher disease index and mortality rate (*Figure 1*).

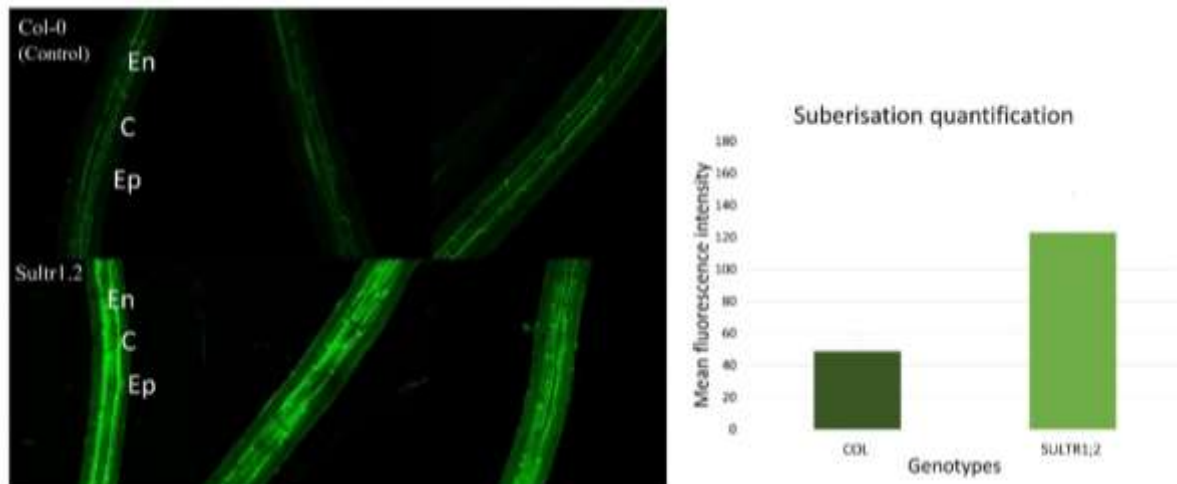
Figure 1. Evaluation of response to *Rs* infection in *Arabidopsis thaliana* Col-0 ecotype and the Sultr1;2 mutant line at 13 dpi.



Jiffy soil inoculation for the observation of wilting in *Arabidopsis thaliana* Col-0 ecotype and the sulfate transporter mutant line Sultr1;2 (A). The disease index and mortality rate were calculated based on the no. of wilted plants and the severity of wilting among the genotypes (B).

Confocal microscopy analysis of roots stained with Fluorol Yellow in the control Col-0 ecotype and the AtSultr1;2 mutant revealed an elevated level of suberisation in the mutant, particularly in the vicinity of the vascular bundles (*Figure 2*). Longitudinal observations of the roots depicted an increased fluorescence intensity in the mutant compared to the control Col-0, providing clear evidence of enhanced suberisation. This increased suberisation could serve as an explanation for the observed resistance of the AtSultr1;2 mutant. Studies have also highlighted the pivotal role of the corky biosynthetic pathway in the resistance response of peanut plants to late leaf spot disease (*Mahatma et al.* 2021). Similarly, in tomato plants, the induced formation of a lignin-corky vascular coating impeded the colonisation of *Rs* in resistant

Figure 2. Observation of the level of suberisation in roots of Col-0 ecotype (control) and the Sultr1;2 mutant line.



Confocal microscopy images of seven-day-old roots of Col-0 ecotype (control) and the sulfate transporter mutant Sultr1;2. (A) More intense Fluorol Yellow fluorescence is indicative of increased suberisation, particularly in the endodermis (En), cortex (C), and epidermis (Ep). (B) Mean fluorescence intensity values compared between the two lines (Col-0 ecotype and Sultr1;2).

roots, showing its effectiveness in preventing pathogen invasion (Kashyap *et al.*, 2021). While the evidence supporting the direct involvement of suberin in defense against *Rs* in other plant interactions is currently limited (Shi *et al.* 2023), its importance as a critical component of the cell wall has been emphasised. Recognising the multifaceted nature of plant defense mechanisms, the interplay of various components, including corky biosynthesis and the induction of specific coatings, contributes to the overall resilience of plants against pathogenic challenges. It can be concluded from our data that the interaction between *Rs* effectors and AtSULTR1;2 increases the susceptibility of *Arabidopsis* to the bacterial pathogen. Thus, the question arises of how the AtSultr1;2 mutation (and potentially its targeted editing) would confer *Rs* resistance which is yet to be explored and elaborated with further research. We started our research with a model plant but intend to utilise the results for important crop plants like potato in the future.

Acknowledgement

This work was supported by grants NKFI K-132829, ATK-MATE 0205K0035P, and the Hungarian National Laboratories Program (grant number RRF-2.3.1-21-2022-00007).

References

- Barberon, M., Vermeer, J.E.M., De Bellis, D., Wang, P., Naseer, S., Andersen, T.G., Humbel, B.M., Nawrath, C., Takano, J., Salt, D.E. (2016): Adaptation of root function by nutrient-induced plasticity of endodermal differentiation. *Cell*, **164**(3), pp. 447–459.
- Buddenhagen, I., Kelman, A. (1964): Biological and physiological aspects of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annual Review of Phytopathology*, **2**(1), pp. 203–230.
- Cao, M., Wang, Z., Wirtz, M., Hell, R., Oliver, D.J., Xiang, C. (2013): SULTR 3;1 is a chloroplast-localized sulfate transporter in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Journal*, **73**(4), pp. 607–616.
- Cernadas, R.A., Doyle, E.L., Niño-Liu, D.O., Wilkins, K.E., Bancroft, T., Wang, L., Schmidt, C.L., Caldo, R., Yang, B. White, F.F. (2014): Code-assisted discovery of TAL effector targets in bacterial leaf streak of rice reveals contrast with bacterial blight and a novel susceptibility gene, *PLoS Pathogens*, **10**(2), e1003972.
- Chen, Z., Zhao, P.-X., Miao, Z.-Q., Qi, G.-F., Wang, Z., Yuan, Y., Ahmad, N., Cao, M.-J., Hell, R. Wirtz, M. (2019): SULTR3s function in chloroplast sulfate uptake and affect ABA biosynthesis and the stress response. *Plant Physiology*, **180**(1), pp. 593–604.
- Criollo-Arteaga, S., Moya-Jimenez, S., Jimenez-Meza, M., Gonzalez-Vera, V., Gordon-Nunez, J., Llerena-Llerena, S., Ramirez-Villacis, D.X., van 't Hof, P., Leon-Reyes, A. (2021): Sulfur

- deprivation modulates salicylic acid responses via Nonexpressor of Pathogenesis-Related gene 1 in *Arabidopsis thaliana*. *Plants*, **10(6)**, 1065.
- Garcia-Ruiz, H., Szurek, B., Van den Ackerveken, G. (2021): Stop helping pathogens: engineering plant susceptibility genes for durable resistance, *Current Opinion in Biotechnology*, **70**, pp. 187–195.
- Hayward, A.C. (1991): Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annual Review of Phytopathology*, **29(1)**, pp. 65–87.
- Kashyap, A., Planas-Marquès, M., Capellades, M., Valls, M., Coll, N.S. (2021): Blocking intruders: inducible physico-chemical barriers against plant vascular wilt pathogens, *Journal of Experimental Botany*, **72(2)**, pp. 184–198.
- Lux, A., Morita, S., Abe, J., Ito, K. (2005): An improved method for clearing and staining free-hand sections and whole-mount samples. *Annals of Botany*, **96(6)**, pp. 989–996.
- Mahatma, M.K., Thawait, L.K., Jadon, K.S., Thirumalaisamy, P.P., Bishi, S.K., Rathod, K.J., Verma, A., Kumar, N., Golakiya, B.A. (2021): Metabolic profiling for dissection of late leaf spot disease resistance mechanism in groundnut. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, **27(5)**, pp. 1027–1041.
- Patil, V.U., Gopal, J., Singh, B.P. (2012): Improvement for bacterial wilt resistance in potato by conventional and biotechnological approaches. *Agricultural Research*, **1**, pp. 299–316.
- Scinto-Madonich, N.J., Baruah, S., Young, S., Vignona, K., Read, A.C., Carpenter, S.C.D., Wang, L., Shi, X., Chang, G., Piñeros, M.A. (2023): Initial characterization of a bacterial leaf streak susceptibility gene suggests it encodes a membrane transporter that influences seed nutrition and germination. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, **126**, 102031.
- Shi, H., Liu, Y., Ding, A., Wang, W., Sun, Y. (2023): Induced defense strategies of plants against *Ralstonia solanacearum*. *Frontiers in Microbiology*, **14**, 1059799.
- Shibagaki, N., Rose, A., McDermott, J.P., Fujiwara, T., Hayashi, H., Yoneyama, T., Davies, J.P. (2002): Selenate-resistant mutants of *Arabidopsis thaliana* identify *Sultr1;2*, a sulfate transporter required for efficient transport of sulfate into roots. *Plant Journal*, **29(4)**, pp. 475–486.
- Takahashi, H., Watanabe-Takahashi, A., Smith, F.W., Blake-Kalff, M., Hawkesford, M.J., Saito, K. (2000): The roles of three functional sulphate transporters involved in uptake and translocation of sulphate in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Journal*, **23(2)**, pp. 171–182.
- Wang, W., Liu, J., Mishra, B., Mukhtar, M.S., McDowell, J.M. (2022): Sparking a sulfur war between plants and pathogens. *Trends in Plant Science*, **27(12)**, pp. 1253–1265.

TÖNKÖLY- ÉS KENYÉRBÚZA FAJTÁK ROST ÉS RÖVID LÁNCÚ SZÉNHIDRÁT ÖSSZETÉTELÉNEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

Juhászné Szentmiklóssy Marietta Klaudia¹, Csonki Annamária¹, Németh Renáta¹, Jaksics Edina¹, Farkas Alexandra¹, Schall Eszter¹, Tóth Viola², Rakszegi Marianna², Tömösközi Sándor¹

¹*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és Élelmiszerminőség Kutatócsoport, Budapest*

²*HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár*

A tönkölybúza környezeti hatásokkal szembeni ellenállósága miatt potenciálisan alkalmazható lehet környezetkímélő, organikus (öko) gazdálkodásban. Ezen tulajdonsága miatt a tudatos fogyasztók érdeklődési körében is megjelent, továbbá megfogalmazódtak olyan táplálkozási állítások, amelyek egy része tudományosan még nem alátámasztott. Az egyik táplálkozási szempontból vizsgált összetevő a búzában a legjelentősebb élelmi rostalkotó poliszacharid csoport az arabinoxilánok (AX). A rövid láncú szénhidrátok közé tartoznak a FODMAP-ok (Fermentálható Oligo-, Di-, Monoszacharidok és Poliolok). Ezek gasztroenterális rendellenesség következtében az arra érzékeny emberek esetében kellemetlen tüneteket válthatnak ki. A különböző termesztési körülmények befolyásolhatják növény kémiai összetételét, technológiai tulajdonságait, épp ezért indult átfogó kutatás a tönkölybúza táplálkozási értékének vizsgálatára, ezen belül az említett összetevők változékonyságának tanulmányozására.

A martonvásári HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézettel együttműködve vizsgáltunk három egymáskövető évben tönkölybúza fajtákat, fajtajelölteket és referenciaként kenyérbúza-fajtákat. A tönkölyök esetében konvencionális és organikus termesztési körülmények hatását is néztük az évjáratoknál. A teljes és vízoldható arabinoxilántartalom meghatározása gázkromatográfiás módszerrel történt. A rövid láncú szénhidrátok összetételét egy összetett módszer határoztuk meg, két egymás kiegészítő folyadékromatográfiás módszerrel.

A teljes arabinoxilán- (TOTAX) tartalom vizsgálatából megállapítható, hogy konvencionális termesztésben nem volt jelentős különbség a két vizsgált búzaalfaj között, de az organikus termesztésből származó tönkölybúza TOTAX-tartalma magasabb. A vízoldható arabinoxilánok (WEAX) vizsgálatának eredményeiből arra következtethetünk, hogy hagyományos termesztésben a tönkölybúza tartalmaz több WEAX-ot, organikus termesztésben viszont nincs szignifikáns különbség a vizsgált minták között. A rövid láncú szénhidrátok (fruktóz, glükóz, szacharóz, maltóz, trehalóz, kesztóz, raffinóz, nisztóz) nem mutattak jelentős mennyiségi eltérések a kenyérbúza és a tönköly értékei között, viszont a hagyományos termesztésű tönköly minták többségében magasabb értékeket mértünk, mint az organikusban. A magasabb AX-tartalom értelemszerűen előnyösebb lehet, viszont a magas fruktóz tartalom nem ideális a FODMAP-diétában. Ahhoz, hogy megállapíthassuk, hogy az alapanyagban mért eltérések milyen mértékben jelentkeznek a feldolgozás után (hidratáció, dagasztás, fermentáció, sütés stb.), a késztermékek összetételi vizsgálata szükséges, amely jelenleg folyik.

A bemutatott kutatómunka kapcsolódik „A tönkölybúzában rejlő genetikai, összetételi és feldolgozóipari lehetőségek feltárása” című OTKA 135211 pályázat és a TKP2021-EGA-02 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott TKP2021-EGA pályázati program szakmai célkitűzéseinek megvalósításához.

GIGANTEA MUTÁNSOK IZOLÁLÁSA ÉS GUMÓFEJLŐDÉSÜK VIZSGÁLATA A 'DÉSIRÉE' BURGONYAFAJTÁBAN

Karsai-Rektenwald Flóra, Bánfalvi Zsófia

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő

A világ egyik legfontosabb élelmiszernövénye a burgonya (*Solanum tuberosum* L.), ezért a gumó fejlődésének kutatása mind gazdasági, mind biológiai szempontból fontos feladat. A koraiság növelése a nemesítők egyik célja. A természetett burgonyafajták őseinek gumófejlődése függ a naphossztól. Irodalmi adatok alapján ismert, hogy a naphossztól való függésben a fő szerepet a CDF1 játssza. Közvetetten azonban a GIGANTEA (GI) is részt a folyamatban, mivel az FKF1-gyel komplexet alkotva megköti a CDF1-et és elszállítja a proteaszómákhoz, ahol az lebomlik. A modern, természetett burgonyafajták gumófejlődése azonban nem függ a naphossztól. Kísérleteink célja a GI gumófejlődésben betöltött szerepének vizsgálata volt egy természetett burgonyafajtában, a 'Désirée'-ben.

Korábban *in silico* DNS szekvencia analízissel megállapítottuk, hogy két GI gén található a burgonyában, az egyik a 4. (*GI.04*) a másik a 12. kromoszómán (*GI.12*). A GI gének burgonyában betöltött szerepének megismerésére CRISPR/Cas9 rendszer segítségével mutánsokat hoztunk létre. A „guide” RNS-eket a GI gének 3' végéhez közeli régióra terveztük, oda, ahol a két gén leginkább különbözik egymástól. A konstrukciókat 'Désirée'-be juttattuk. A regenerált transzgenikus növényekből genomi DNS-t izoláltunk és PCR segítségével nagy deléciókat hordozó mutánsokat kerestünk. Az *GI.04* esetében 29, a *GI.12* esetében 18 deléciós mutánst kaptunk, melyek közül mindegyikből hármat választottunk ki a további vizsgálatokra. A PCR fragmentumokat klónoztuk és megszekvenáltattuk. A kapott szekvenciákat a GI gének genomszekvenciájához hasonlítottuk. Különböző méretű, a *GI.04*-ben 3-711 bp, a *GI.12*-ben 2-197 bp közötti, és elhelyezkedésű deléciókat találtunk. Emellett megállapítottuk, hogy a kiválasztott *GI.04* mutánsok mind null mutánsok, míg a három *GI.12* mutáns egyikében feltételezhetően nincs mindegyik *GI.12* allélban mutáció.

Kíváncsiak voltunk, hogy a fehérjék aminosav sorrendje mennyire változott meg a deléciók hatására. A mutánsok nukleotid sorrendjének aminosavakká történő fordításával kimutattuk, hogy egy allél kivételével a deléciók korai stophoz, a *GI.04* fehérje rövidüléséhez vezetettek. A *GI.12* fehérjében is a deléciók általában a fehérje rövidülését eredményezték, de volt olyan eset is, ahol visszaállt az eredeti aminosav sorrend a deléció követően, vagy csak egy aminosav eltérés volt a kontrollhoz képest. Sajnos azonban a fehérje módosulások egyik esetben sem érték el a LOV domént, amihez az FKF1 is kötődik, és az NLS szekvenciákat sem, ami a GI sejtmagba történő bejutását teszi lehetővé.

A gumófejlődés vizsgálatára a GI mutánsokat *in vitro* szaporításból cserepekbe ültettük és üvegházban neveltük tovább. A GI mutánsok nem mutattak változást a gumófejlődésben, bár nem zárható ki, hogy a GI-(ek)nek szerepe van a gumófejlődés megindításában, mivel a deléciók nem érték el egyik esetben sem a GI fehérjék funkciója szempontjából fontos régiót.

A 'Désirée' egy piros héjú burgonyafajta, aminek héjszínét az antociánok adják. Szemmel láthatóan a GI mutánsok egyes vonalainak héjszíne eltért a kontroll gumók héjának színétől. Ezért megmértük a gumóhéjak antocián tartalmát. A mérés eredménye megerősítette, hogy egyes mutánsok gumóhéjának alacsonyabb, míg másokénak magasabb az antocián tartalma, mint a 'Désirée' gumóhéjának, amire magyarázatot adni egyelőre nem tudunk.

Mivel a GI gének végére tervezett konstrukciókkal nem tudtuk elérni a GI fehérjék funkciója szempontjából fontos régiót, ezért újabb konstrukciókat hoztunk létre a GI gének középső részének célzott mutagenézisére. A mutánsokat izoláltuk és a közeljövőben szeretnénk részletesen megvizsgálni őket.

A kutatást az NKFI NN_124441 és a K_146328 pályázati források támogatták.

A PAPRIKA *SEED PRIMING* KUTATÁS EREDMÉNYEI ZÁRT RENDSZERŰ (BLSS) NÖVÉNYNEVELÉSBEN

Koroknai, J., Fári, M.G., Tóth, Cs., Csákyiné Faragó E., Makleit, P., Veres, Sz., Domokos-Szabolcsy, É.

*Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Alkalmazott Növénybiológiai Tanszék, Debrecen*

A bioregenerációs élettámogató rendszerben (BLSS) történő paprikatermesztés lehetőségeit szem előtt tartva, a nemesítésben és a termesztési technológiák fejlesztésében az alábbi szempontok kutatása a legfontosabb: rövidebb nettó tenyészidő, alacsonyabb fényhiány-érzékenység, nagyobb térfogathasznosítási hatékonyság, kiegyensúlyozott virágképződés és termésfejlődés mesterséges (LED) fényen. Ezek mellett a zöld levelekben a humán- és bioipari szempontból értékes fitokémiai komponensek feltérképezése egy új nemesítési szempont, figyelembe véve a körforgásos gazdálkodás hulladékok csökkentésére irányuló törekvéseit is. Néhány fajta és vonal esetében igazoltuk, hogy a paprika zöld biomassza bioaktív anyagokban rendkívül gazdag. Alacsony antinutritív tartalma révén azt is bizonyítottuk, hogy a paprika levelek mind takarmányozásra, mind humán fogyasztás céljára is alkalmasak. A magvak gyors csírázása, majd a csírázást követő rövidebb fejlődési időszak meghatározóak a fiatal növények fejlődésében. Ismeretes, hogy az ún. „*seed priming*” eljárások előnyösen alkalmazhatók idősebb paprikamagvak csírázásának serkentésére. Feltételeztük, hogy a magvak imbibálódási és primér aktiválódási szakaszának a stimulálása a paprika ún. „nettó tenyészidő” csökkentésében is szerepet játszhat. *Zatykó Lajos* és munkatársai munkájából ismerjük, hogy a nettó tenyészidő a magvetés és az első 1 cm-es terméskötés között eltelt idő, napokban kifejezve. Optimalizálási kísérleteink alapján jelen munkában az ún. „*halo-*, és *chemical priming*” kombinált kezelés néhány eredményét mutatjuk be. Zárt rendszerű hidropóniás nevelésben ígéretes 'Hungarian Enigma Hot' (HEH) úrpaprika-jelöltünk felületileg fertőtlenített magvainak a kezeléséhez az eddig ismert 3%-os kálium-nitrátot, továbbá egy új, eddig nem tesztelt anyagot, 5,3 µM nátrium-szelenát oldatot alkalmaztunk. A *priming* kezelést követően a növényeket 30 napos korrig zárt rendszerben okos LED megvilágítás mellett, ún. seedbox gyökérnevelő térben és speciális földmenetes keverékben neveltünk. A hajtás- és gyökérfejlődést, a szárazanyag-tartalmat, az antioxidáns kapacitást, ill. a növények leveleinek a szeléntartalmát értékeltük. Eredményeink azt mutatták, hogy a HEH úrpaprika *seed priming* kombináció a csírázásra, a primer levelek növekedésre, továbbá az első bimbók megjelenési idejére, azaz gyorsabb fejlődésére hatottak serkentőleg. Úgy gondoljuk, hogy ez az eljárás a jövőben nemcsak az úrpaprika BLSS programok területén kaphat szerepet. Úgy látjuk, hogy a megkezdett kísérletek kiterjesztése indokolt egyrészt a napjainkban termesztett paprikafajtákra vonatkozólag, másrészt a hagyományos és a legmodernebb talajnélküli paprikahajtási technológiák területén is.

A kutatásokat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap által nyújtott TKP2021-EGA-20 támogatta. Továbbá a 2021-1.2.4-TÉT Zöld biofinomítási célú célzott növényfajok Braziliában és a Kárpát-medencében, azok feldolgozási technológiai és termékfejlesztési lehetőségei című projekt is segítette a megvalósulást.

BIOSTIMULÁTOROK HATÁSA A *Forsythia X intermedia* 'BEATRIX FARRAND' FAJTA FENOTIPIKUS TULAJDONSÁGAINAK JAVÍTÁSÁRA

Kovács Dezső¹, Kisvarga Szilvia¹, Orlóci László¹, Horotán Katalin², Sütöriné Diószegi Magdolna¹, Magyar Lajos¹, Mosonyi István Dániel¹, Makádi Marianna³, Hrotkó Károly¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet

²Egri Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Biológiai Intézet, Állattani Tanszék

³Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság, Nyíregyházi Kutatóintézet (NYKI), Nyíregyháza Alap és Alkalmazott Kutatások Szervezet, Talajbiológiai és Talajhasznosítási Osztály

A biostimulátorok iránti kereslet az elmúlt években rendkívül megnőtt. Biológiai eredetük miatt környezetkímélők, használatuk alig vagy egyáltalán nem befolyásolja a munkahelyi biztonságot, valamint az egészségügyi szabályozásokat, miközben elősegítik, hogy a növények alkalmasak legyenek városi kiültetésre.

Emiatt több taxon alkalmazása és termesztése válik megoldottá az extrém körülmények ellenére. A népszerű, széles körben alkalmazott dísznövényfajták felhasználása pedig még tovább növelhető; a biostimulátorokkal kezelt kereskedelmi forgalomban lévő dísznövényfajták jobb élettani és fenotipusos tulajdonságokkal rendelkezhetnek, amely hozzájárulhat az urbanizáció, a klímaváltozás hatásainak csökkentéséhez is.

A 2018-tól folyó mérésorozatunk során célul tűztük ki egy népszerű, gyakran alkalmazott lombhullató dísznövényfajta, a *Forsythia x intermedia* 'Beatrix Farrand' biostimulátorokkal (Kelpak, Bistep, Yeald Plus) való kezelését és nevelését, hogy megállapítsuk, hogy mely biostimulátorok alkalmasak erre a célra, illetve a dísznövényfajta hogyan reagál a biostimulátorokkal történő nevelésre.

Az alkalmazott taxonokat tenyészidőszakonként 3 alkalommal kezeltük a biostimulátorokkal. Felmérésre került a fajta morfológiai tulajdonságai (hajtásnövekmény, gyökértömeg, tömegnövekmény, levélméret, szövetten) és élettani tulajdonságai is (POD aktivitás, prolintartalom mérés) egyaránt. Mivel a biostimulátorok szerepe messze túlmutathat a növényi szervezetre gyakorolt tulajdonságokon, fontosnak ítéltük a rhizoszférában esetlegesen bekövetkezett változásokat is, és mérésorozatunkat kiegészítettük rhizoszféra vizsgálatokkal is.

A kiértékelés során számos pozitív eredményt figyeltünk meg. Megállapítottuk, hogy minden alkalmazott biostimulátor hatással volt a vizsgált fajtára. A morfológiai mérésekből megállapítható volt, hogy a *Forsythia x intermedia* 'Beatrix Farrand' fajtánál szignifikáns különbségek voltak megfigyelhetők a kontroll és a kezelt növénycsoportok között a 2019-es adatokat tekintve a kontroll csoportnál 381,8 g volt a nyers gyökértömeg, míg ettől szignifikánsan különbözött a Kelpak (572,7 g), a Yeald Plus (581,8 g) és a Bistep (790,9 g) által eredményezett friss gyökértömegek is. Az transzspiráció értéke szignifikánsan különbözött a kontroll (93,6 g) és a Bistep biostimulátorral kezelt csoport eredményei (36,9 g) között. A növényélettani vizsgálatok során megállapítottuk, hogy minden kezelt növénycsoportnál statisztikailag értékelhető különbség volt megfigyelhető a kontroll és kezelt növénycsoportok között. A rhizoszféra vizsgálatok esetében mért lúgos foszfát, glükózaminidáz és β -glükózidáz enzimek mennyisége szintén szignifikánsan változott a kontroll csoportok adataihoz képest. Az alkalmazott biostimulátorok közül kiemelkedő volt a Bistep és a Yeald Plus hatása. Megállapítottuk, hogy a *Forsythia x intermedia* 'Beatrix Farrand' fajta esetében a biostimulátorok alkalmazása javasolt városi kiültetés esetében a növények nagyobb vitalitást mutató eredményeik tükrében.

NAPRAFORGÓ GENOTÍPUSOK ÖSSZEHASONLÍTÓ HOMOGENITÁS VIZSGÁLATA STANDARD ÉS MALDI-TOF MÓDSZERREL

Kristó Attila¹, Lajkó László², Timár Eszter³, Kalina Hella¹, Nagy János¹

¹Debreceni Egyetem, Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen

²Phytopatent Kft., Budapest

³Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Budapest

A sikeres növénytermesztés alapja a jó vetőmag. Az általa képviselt fajtaérték a vetőmag értékének egyik meghatározója. A vetőmagtermesztés során ezért a legfontosabb teendők közé tartozik a fajtaérték megőrzése, a fajta nemesítő által kialakított eredeti géngyakoriságának megtartása. A hibrid vetőmag előállításakor a fajtaérték megővését populációgenetikai szempontból a kívánt nem egyensúlyi genotípus-gyakoriság biztosítása jelenti mivel a hibridek a fajtától eltérően nem egyensúlyi populációk.

A vetőmagtermesztés során egy tétel akkor kaphat Vetőmagminősítő Bizonyítványt, ha alapvetően megfelelő genetikai tisztasággal rendelkezik. Kereskedelmi forgalomba csak minősített, fémzárolt vetőmag kerülhet. A vetőmagvak faj- és fajtaazonosságát a NÉBIH, mint hatóság, vizsgálattal ellenőrzi, amely a vetőmag termékpálya szereplőinek közös érdeke. Napjainkban e területen belül is egyre fontosabbá válik - a gazdasági élet más területeihez hasonlóan - a minőség biztosítás (QA) és a minőség ellenőrzés (QC). Az ellenőrzési folyamat része a genetikai tisztaság ellenőrzésére hosszú ideje általánosan alkalmazott kisparcellás fajtakitermesztés (posztkontroll vizsgálat), melynek feladatait törvény (2003. évi LII.) határozza meg. A fajtakitermesztés mellett a NÉBIH laborosztályok (UTL-IEF) segítségével is folyamatosan vizsgálja a fajtaazonosság és - tisztaság meglétét a termesztett és forgalomba hozott vetőmagtételknél, mivel ezek a tesztek - szemben a kitermesztéssel - gyors eredményt adnak a vizsgált tételek genetikai homogenitására, tisztaságára vonatkozóan.

E vizsgálatok során ellenőrzik az anyai öntermékenyülést, az öntermékenyült apai szemek esetleges jelenlétét, az idegen beporzást és egyéb idegen fajta jelenlétét. A vizsgálatokhoz használt UTL-IEF módszer azonban nem minden esetben ad egyértelmű eredményt - kórtani problémák pl.: gombafertőzött szemek - a vizsgált vetőmag minták genetikai homogenitására és -tisztaságára nézve.

A MALDI-TOF tömegspektrometriás módszer alkalmazásától a vetőmag tételek genetikai homogenitásának és tisztaságának vizsgálatára - nagyobb érzékenysége miatt - pontosabb eredmény várható, a kórtanilag problémamentes, illetve a fertőzött tételek esetében is. A vizsgálatok célkitűzése egy új vizsgálati módszer kidolgozása a napraforgó vetőmagok eddigieknél pontosabb genetikai tisztaság vizsgálatára, illetve a módszer gyakorlati alkalmazhatóságának mérésekkel történő igazolása. Ez a kidolgozott módszer egy speciális mátrixszal segített lézer deszorpció/ionizációs módszer, amellyel a napraforgó tartalékfehérjéit vizsgálták. A tömegspektrumokban megjelenő, különböző tömegszámú csúcsok (fehérjék) lehetővé teszik a szülői vonalakra, jellemző marker fehérjék kiválasztását, illetve ezek nyomon követését, vizsgálatát a belőlük előállított F₁ hibridekben. A kidolgozott és továbbfejlesztett módszer ellenőrzésére a mérési eredményeket össze kell hasonlítani a vetőmagvak vizsgálatára standardként alkalmazott UTL-IEF módszer (International Seed Testing Association szabályzat 8. fejezet) eredményeivel.

A MALDI-TOF tömegspektrometriás módszer, nemcsak gyorsaságával, érzékenységgel és eredményeivel bizonyulhat megfelelő módszernek, de a kórtanilag problémás vetőmag tételek pontosabb vizsgálatát is lehetővé teszi. A kukoricánál korábban már elvégzett mérések ugyanis igazolják, hogy a gombafertőzés a tartalékfehérjék profiljában nem okoz változást.

A módszer mindezek mellett lehetőséget ad a kórtani problémát okozó gomba kitenyésztése után a kórokozó MALDI-TOF módszerrel történő meghatározására, azonosítására is.

A GAMMA SUGÁRZÁS HATÁSAI A *Rudbeckia hirta* L. 'ŐSZIFÉNY' NEMESÍTÉSÉBEN

Lénárt Zsolt¹, Horotán Katalin², Orlóci László¹, Hamarné Farkas Dóra¹, Boronkay Gábor¹, Kisvarga Szilvia¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Zöldfelületgazdálkodási Kutatócsoport

²Egri Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Biológiai Intézet, Állattani Tanszék

A *Rudbeckia hirta* gamma-sugárzásos kezelésével végzett munkánk során arra kerestük a választ, hogy az általunk létrehozott nemesítési alapanyag, az R-12/5 törzs alkalmas-e a gamma-sugárzás általi nemesítésre, a klímaváltozás és az urbanizáció hatásainak enyhítése végett. A méréseinket két egymást követő generációból származó, különböző dózissal besugárzott vetőmagokkal végeztük, így a két generáció közötti különbségeket is kerültek értékelésre. A besugárzás hatásait hisztológiai és fiziológiai módszerekkel egyaránt mértük és értékeltük, ennek során az egyes sejtekre, szövetekre, szervekre gyakorolt hatásáról, továbbá a növényt érő stressz-szint mértékéről (POD, APTI) is átfogó képet kaphattunk.

A kezelt csoportok mindegyikénél tapasztalható volt egyes fenotípusos tulajdonságok változása, amely az M₂ generációban is több esetben kitűnt. A levél- és szárkeresztmetszet elváltozásai azt mutatták, hogy a sugárdózis növelésével a levél és a szár is hosszabb ideig megőrzi szöveti fiatalságát, így a szár bélszövetének központi tengelye kisebb mértékben vagy egyáltalán nem üreges, az epidermisz sejtjei erősebbek, a sejtfalak egyöntetűek, a szárban pedig a másodlagos megvastagodás mértéke a dózis emelésével erősödik. Ezek a változások az M₂ generációban is megjelentek, azonban kevésbé markánsan.

A levélkeresztmetszeten látható oszlopos parenchima kloroplasztiszokkal teli sejtcsoportjai egyértelműen szoros összefüggést mutathatnak a klorofill- és karotinoid-tartalom értékeivel. A gamma-sugárzás magasabb dózissal kedvező irányba befolyásolták a klorofill- és karotinoid-tartalmat, melyek a növények vitalitásának és jó stressztűrő képességének meghatározó alapjai.

Az R-12/5 törzs esetében megállapítottuk, hogy a 30 Gy és a 45 Gy dózissal hatékonyabbnak tekinthetők, mint az alacsonyabb dózissal. A besugárzást kapott csoportok levélfonáki főerein a trichómák mennyisége és hossza egyaránt változott, ez a változás a magasabb dózissal jelentősebb, míg a generációkat vizsgálva az M₂ generációnál egyenletesebb megjelenést mutattak. A trichómák minden kezelt csoportnál erőteljesebbek voltak a kontrollhoz viszonyítva, ez pedig összefüggésben állhat a növények jobb szárazságtűrésével és klímaturésével, amelyek kiemelt nemesítési célok és szempontok.

A fiziológiai vizsgálatok eredményei is tükrözik az eddig bemutatott következtetéseket és megfigyeléseket. A peroxidáz enzim-aktivitás méréseinek eredményeiből kitűnik, hogy a magyarországi nyár végi klímán szedett minták peroxidáz enzimaktivitása szignifikánsan nagyobb értékeket mutat, a kontroll csoport eredményeit tekintve. A kezelt növények esetében az enzimaktivitás szintje szignifikánsan alacsonyabb értékű, ami azért kiemelkedő, mert a peroxidáz enzimaktivitás akkor növekszik meg, ha stresszhatás éri a növényt.

Az R-12/5 törzsre a gamma-sugárzás egyértelműen kimutatható és kedvező hatást gyakorolt, az erősebb dózissal kedvezőbb fenotípusos tulajdonságokat eredményeztek. A generációk közötti különbség is megfigyelhető volt, de sok esetben megmaradtak a kezelések kedvező hatásai. Méréseink során arra a következtetésre jutottunk, hogy a gamma-sugárzás megfelelő módszer a *Rudbeckia hirta* nemesítésében, mely elősegíti új, stressztoleráns fajták létrehozását.

A GEORGIKON PÁZSITFŰ MAGGYŰJTEMÉNY TÉTELEINEK FLOW CITOMÉTERES GENOMMÉRLET-VIZSGÁLATA

Lepossa Anita¹, Nagy Szabolcs Tamás²

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztési-tudományok Intézet,
Georgikon Campus, Keszthely

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet, Georgikon
Campus, Keszthely

Meglehetősen kevés adat áll rendelkezésre gyepalkotó fűfajok genomméretére vonatkozóan. Munkánkban a MATE NTTI Georgikon Campus pázsitfű génbankjából származó minták (n=16) műszeres genomméret-vizsgálatát végeztük. A magtételcsírázásvizsgálata során kapott háromhetes növények levélmintáit értékeltük Sysmex PI CyStain OxProtect kit alkalmazásával, követve a gyártó által biztosított mintaelőkészítési és festési protokollt. Ismert genomméretű kontroll növényként borsó (*Pisum sativum*) csíranövényt használtunk, emellett az egyes mérések között, a műszer stabilitásának ellenőrzésére PI-jelölt pizstráng vörösvérsejteket (Sysmex DNA Control PI) futtattunk. A méréseket Beckman Coulter FC500 típusú citométerrel, két ismétlésben végeztük el, 488 nm-es, 20 mW argon ion lézeres gerjesztőfényel. A PI fluoreszcenciaintenzitást az FL 3 detektoron (650 nm LP) lineáris módban rögzítettük. Az adatgyűjtéshez Beckman Coulter CXP Acquisition, az adatelemzéshez Beckman Coulter Kaluza szoftvereket használtunk.

A genomméret meghatározásához Doležel és mtsai (2007) képletét vettük alapul, ahol a referencia minta (*P. sativum*, 2C=9,09 pg DNS/sejtmag) 2C értékét szoroztuk meg a vizsgált minta, illetve a referencia minta 2C hisztogramja medián fluoreszcenciaintenzitási értékének hányadosával. A kapott genomméret értékeket publikált adatokkal vetettük össze, és az alábbi táblázatban közöljük.

| Faj | Tétel | 2C (pg) | Ploidia | Ref. 2C (pg) | Ref. ploidia | Ref. n (db) | Ref. |
|---------------------------------------|--------|---------|---------|--------------|--------------|-------------|------|
| <i>Agrostis gigantea</i> | PEG | 9,59 | 6 | 13,2 | | 1 | b |
| <i>Alopecurus pratensis</i> | GCF-11 | 12,45 | | 12,6 | | 1 | b |
| <i>Bromus erectus</i> | GCF-9 | 22,69 | 8 | 23,03±2,3 | 8 | 2 | a,b |
| <i>Bromus inermis</i> | GCF-10 | 22,37 | 8 | 23,18±1,2 | 8 | 3 | a |
| <i>Bromus willdenowii/catharticus</i> | ZR-Oro | 12,73 | 6 | 12,86±0,2 | 6 | 2 | a |
| <i>Dactylis glomerata</i> | GCF-2 | 8,96 | 4 | 8,62±0,3 | 4 | 5 | a,b |
| | GCF-3 | 8,51 | 4 | | | | |
| <i>Festuca arundinacea</i> | GCF-12 | 16,93 | 6 | 16,75±0,8 | 6 | 3 | a,b |
| <i>Festuca ovina</i> | GCF-13 | 12,84 | 6 | 14,1 | | 1 | b |
| <i>Festuca rubra</i> | GCF-14 | 12,93 | 6 | 12,54±1,0 | 6 | 6 | a |
| <i>Festuca valesiaca</i> | Margit | 4,31 | 2 | 4,55 | 2 | 1 | a |
| <i>Phalaris arundinacea</i> | ZP | 10,8 | | 10,17±0,35 | | 3 | a,b |
| <i>Phleum pratense</i> | GCF-16 | 8,68 | | 8,29±0,3 | | 2 | a,b |
| | GCF-17 | 8,82 | | | | | |
| <i>Poa pratensis</i> | GCF-18 | 11,26 | | 7,73±1,1 | | 2 | a,b |
| | GCF-19 | 6,89 | | | | | |

a: <https://cvalues.science.kew.org/>

b: Zonneveld, B.J.M. (2019) DOI 10.3264/FG.2019.1022

Négy fűfaj esetében az általunk kapott genomméret és ploidiafok egyezett a hivatkozott forrásokban szereplő publikált adatokkal, két faj (juhcsenkesz, óriás tippán) esetében ploidiafokot tudunk közölni a publikált genomméret adatok mellé. Négy minta esetében pedig a kapott genomméret eredmény és publikált adatok alapján meg tudtuk becsülni saját tétéleink ploidiafokát.

A GENOMDUPLIKÁCIÓ HATÁSA A MEIOTIKUS REKOMBINÁCIÓRA ÉS FERTILITÁSRA TETRAPLOID ÁRPÁBAN

Makai Diána¹, Cseh András¹, Polgári Dávid^{1,2}, Sági László¹, Szabados Fanni^{1,2}, Lenyková Thegze Andrea¹, Sepsi Adél¹

¹ HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő

A teljes genomduplikáció az evolúció során kiemelt fontosságú folyamat, amely hozzájárul a biológiai sokféleség fenntartásához, elősegíti új génfunkciók kialakulását és megkönnyíti a változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodást. A genomduplikáció eredményeként kialakult poliploidia növényekben különösen gyakori, amelyet jól mutat, hogy minden zárvatermőben legalább egy ősi genomduplikációs esemény előfordult. A genomduplikáció azonban számos kihívást támaszt a növények fejlődése során. A több kromoszómaszerelvény együttes jelenléte jelentős sejtbiológiai eltéréseket idéz elő, amelyek közül legfontosabbak a sejtméret növekedése, a sejtmagi DNS összetételében kialakult változások, amelyek kihatnak a kromoszómák mozgására és a genom stabilitására a mitotikus és meiotikus sejtosztódás során.

A diploid élőlények meiózisa során a homológ kromoszómák kölcsönösen felismerik egymást, teljes hosszukban összekapcsolódva szinapszist hoznak létre majd genetikai átkereszteződések (rekombináció) segítségével egyes részeket kicserélik egymással. A rekombináció tehát új allélkombinációkat hoz létre és egyúttal elengedhetetlen a kromoszómák pontos szegregációjához is. Az újonnan képződött autotetraploidokban azonban az egynél több homológ kromoszómapár jelenléte megbontja a párosodási egyensúlyt, ami kromoszóma instabilitáshoz és terméketlenséghez vezet.

Kísérleteink célja a genomduplikáció hatásának feltárása az árpa (*Hordeum vulgare*) meiotikus sejtosztódására, különös figyelmet fordítva arra, hogy a rekombináció változásai hogyan befolyásolják a növények termékenységét. Eredményeink megmutatták, hogy az autotetraploid árpák termékenysége igen széles tartományt ölel fel, amelyben egyes növények teljes terméketlenséget, míg mások jobb, a diploidokat megközelítő termékenységet mutattak. A termékenység csökkenés korrelált a meiózis első és második szakaszában megjelenő kromoszóma szegregációs hibák gyakoriságával. A rekombinációs események vizsgálata során jelentős csökkenést tapasztaltunk az egy kromoszómára eső I-es típusú érett genetikai átkereszteződések számában, amelyet a HEI10 fehérje immunjelölésével detektáltunk.

Kutatásainkat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (TKP2021-NKTA) és a Nemzeti Laboratóriumok Program (RRF-2.3.1-21-2022-00007) támogatta.

A KUKORICA CSŐFUZÁRIUMMAL SZEMBENI REZISZTENCIA ÉS A PERMETEZŐ DRÓNNAL KIJUTTATOTT FUNGICIDEK HATÉKONYSÁGA

Markó Bernadett Kinga², Áldott-Sipos Ágnes¹, Csepregi-Heilmann Eszter¹, Spitkó Tamás¹, Berzy Tamás¹, Pintér János¹, Marton L. Csaba¹, Szőke Csaba¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet, Gödöllő

A kukoricában az egyik legnagyobb feladat a csőfuzáriummal szembeni védelem. A kukoricán is több *Fusarium* faj károsít, melyek közül hazánkban a *F. verticillioides* és a *F. graminearum* fajok okozzák a legtöbb problémát. A kórokozók évjáratától függően gazdaságilag is jelentős termés kiesést okozhatnak és veszélyes mikotoxinjaikkal szennyezik a szemtermést, rontva ezzel annak minőségét. Bár eddig még a betegséggel szemben ellenálló hibridet senkinek nem sikerült előállítani, de a védekezési eljárások közül a rezisztencianemesítés szerepe meghatározó. A csőfuzárium számára kedvező évjáratokban fungicides védekezéssel is növelhetjük a termés- és élelmiszerbiztonságot. A fuzáriumos csőpenész elleni vegyszeres védekezés optimális időpontja a kukorica virágzásakor van. Ebben a fenológiai fázisban a növényállomány magassága miatt hagyományos szántóföldi gépekkel a vegyszer kijuttatása már nem lehetséges. Az elmúlt 2-3 évben egyre nagyobb az érdeklődés a drónos permetezéssel kapcsolatban, melynek segítségével a kukoricában is kijuttathatóak a kultúrában engedélyezett fungicidok. További előnyt jelent még, hogy ez a kijuttatási mód a talajállapottól független, szükség esetén nagyobb mennyiségű csapadék után szinte rögtön alkalmazható.

Kísérletünkben mesterséges fertőzést alkalmazva (*F. graminearum* és *F. verticillioides*) három csőfuzáriummal szemben eltérő toleranciájú hibridet kezeltünk különböző hatóanyag-tartalmú fungicidekkel. A hatóanyagok szántóföldi kijuttatáshoz voltak formulázva. A növényvédő szereket DJI Agras T30 permetező drónnal juttattuk ki.

Adataink szerint a csőfuzáriummal szemben kukoricában engedélyezett hatóanyagok permetező drónos kijuttatás mellett is csökkentették a csőfuzáriumos fertőzést. A fungicidok hatékonyságát befolyásolta a hibrid csőfuzáriummal szembeni ellenállósága, valamint a betegséget okozó fuzárium faj. A csőfuzáriumra fogékony hibrid még fungicides kezelések mellett is erősen fertőződött, míg az átlagos- és toleráns hibrid csőfuzárium fertőzése mesterséges fertőzés mellett is alacsony volt. A fungicidekkel kezelt parcellák csőfuzárium fertőzése a *F. graminearum*-mal fertőzött parcelláknál is statisztikailag kisebb volt a kontrollkezelésekhez képest. Eredményeink szerint normál rezisztenciájú hibrid csőfuzárium védelmét fungicides kezeléssel gazdasági kártétel alá tudjuk szorítani. Amennyiben a növényvédőszergyártó cégek drónos permetezéshez optimalizálják növényvédőszerüket, ez a hatás tovább fokozható.

A TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

100 ÉVE SZÜLETETT KOVÁTS ZOLTÁN: 'KOVÁTS ZOLTÁN-DÍJ' ALAPÍTÁSA ÉS JUBILEUMI EMLÉKÜLÉS CSEMŐN (2024.09.06)

Marosi Mihály¹, Surányi Dezső² Antal Gabriella³ és Fári Miklós Gábor^{3,4}

¹*Marosi Faiskola, Csemő*

²*Neumann János Egyetem KVK, Kecskemét*

³*Debreceni Egyetem, MÉK, Alkalmazott Növénybiológiai Tanszék, Debrecen*

⁴*Ereky Károly Biotechnológiai Alapítvány (EKBA), Székesfehérvár*

Hazai kertészek körében elfogadott nézet az, hogy a versenyképes, korszerű magyar dísznövénynevelés 1950-ben kezdődött. Ez a megállapítás megállja a helyét, amennyiben csak az állami finanszírozású dísznövénynevelésre és fajtafenntartásra gondolunk. A XXI. század elején ez a helyzet - a piaci viszonyok változása következtében - Magyarországon is átalakulóban van. Az állami szektorban korábban előállított, száznál is több, *Kováts Zoltán* által nevelített, államilag minősített, de nem szabadalmaztatott egynyári dísznövényfajta vetőmagjának a fajtaazonos szaporítása magánkertészetek és nevelítők által is lehetővé vált. Lényegében a piac által irányítottan hasonló helyzet alakult ki napjainkban Magyarországon is, mint ami a második világháborút megelőző évtizedekben történt. Az átalakulás részeként értékelhető az is, hogy a *Marosi Faiskola* magán kezdeményezése és finanszírozása keretében 2010 óta Csemőn szervezi meg a *Kováts Zoltán Emlékülés és Egynyári Dísznövénybemutató* rendezvényét. A Marosi Faiskola, a Kováts Zoltán Baráti Társaság, az EKBA, az UNIDEB MÉK és várhatóan más egyetemek, továbbá az MNE és az MTA tudományos bizottságai szervezésében 2024 szeptemberében 06.-án Csemőn fogja ünnepelni Dr. Kováts Zoltán születésének 100. évfordulóját. Miért tekintjük ezt az ünnepséget nagyon fontosnak? Látjuk, hogy minél nagyobb az időbeli távolság Kováts Zoltán elhunytá és a jelenkor között, annál jelentősebb szellemi nagyság alakja rajzolódik ki az örökösökben. Ezért tervezzük – értékmutató és összefogás célokkal – a '*Kováts Zoltán Díjat*' is megalapítani. Azért, hogy láthassák az utánunk jövő generáció kertészei is: a kor legmagasabb szakmai követelményeivel való versenyképesség lehet a célunk. A "Kertészeti Botanika, Kertészeti Biológia - Horticultural Botany, Horticultural Biology" korában élünk. Ez ma a kertészképzés hívó szava Londonban, a Királyi Botanikus Kertek Kertészeti Iskolájában, a Cornell Egyetemen, Ithaca-ban és a New York Állam Mezőgazdasági Kísérleti Állomásán, Geneva-ban, Hollandiában és másutt. Például az ISHS égisze alatt működő nemzetközi szervezetben is, melyből a magyar szakemberek az újabb időkben már hiányoznak. Ma a „Kertész” a fenntartható és szép tájért, a környezetünkért, az egészségünkért, a lelki-pszichológiai harmóniánkért is felelős, sokoldalú tudás egyik legfontosabb szaktudós letéteményese! Ezt a kitüntetett innovációt Kováts Zoltán képviselte már és szolgálta. A halhatatlan érdemű Mócsényi Mihály professzorral megálmódták a magyar nevelített egynyári virágokkal világhírűvé lett Magyar Kert Rostockban, és a Virágos Magyarország mozgalom új hajtásait. Ez utóbbi sem a mai kor szülötte; száz évvel ezelőtt már volt ilyen. Magyar Gyula nevelítőként is ezért dolgozott. Példát további különleges emberekről is vehet a mai kor szakembere. Ilyen volt az orvosprofesszor Manninger Vilmos világhírű sebész, aki azon kívül, hogy nevelített dísznövényeket is, az akkori magyar kertész mozgalom a vezetőjének választotta. Összegyűjtve sorakoznak Dr. Kováts Zoltán terjedelmes, az utókor számára gondosan feljegyzett pótolhatatlan dokumentumai. Így bízza azokat az Ereky Károly Biotechnológiai Alapítványra (EKBA) is, melynek haláláig kuratóriumi tagja volt. Kováts Zoltán Csemő egynyári parkjait ezért tekintette követendő példának. A poszter bemutatja Dr. Kováts Zoltán életét, összefoglalja a '*Kovács Zoltán Díj*' alapításának koncepcióját, továbbá a csemői Kováts Zoltán' 100 Emlékülés történetét, valamint a soron következő jubileumi Emlékülésre vonatkozó terveket (2024.09.06).

KOVÁSZOS TECHNOLÓGIAI VIZSGÁLATOK: ELTÉRŐ GABONAFAJOK VADKOVÁSZ ALAPANYAGKÉNT VALÓ FELHASZNÁLÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI, SÜTÉSI TESZTEK ÉS A FODMAP-TARTALOM VÁLTOZÁSA

Mihály-Langó Bernadett¹, Ács Katalin¹, Kocsis Nikoletta¹, Békés Ferenc²

¹Gabonakutató Nonprofit Kft., Szeged

²FBFD PTY Ltd., Sydney, Ausztrália

Magyarországon a kézműves pékségek számának növekedésével, valamint a COVID karantén időszakoknak köszönhetően a vadkovászos technológia ismét nagy népszerűségnek örvend. A vadkovászt készítők keresik az újabb és újabb alternatív alapanyag lehetőségeket a legfőbb kovász alapanyag, a rozs helyettesítésére. Dietetikai szempontból is előnyösebb lehet a kovászos kenyér fogyasztása, hisz ezen típusú kenyerek jellemzően hosszabb fermentációs technológiával is készülnek. Ezáltal javul a kenyér emészthetősége, és az ilyen típusú kenyerek alkalmasak lehetnek FODMAP típusú diétában is.

Vizsgálatainkban három növényfajhoz tartozó, összesen öt gabonafajtát teszteltünk: 'GK Wibro' (rozs), 'GK Szemes' (tritikálé), 'GK Arató' (búza), és a 'GK bíbor1' és 'GK kék2' búzafajtákat. Az alapanyagok teljes kiőrlésű és fehér lisztjének 50-50%-os keverékéből indítottuk a vadkovászt, majd az érett kovász és BL-80 ipari búzaliszt 1:4 arányú keverékéből hosszú (12 óra, 4°C) fermentációs technológiával próbapókat sütöttünk. Meghatároztuk a kovások erősségét az etetési vizsgálat során tapasztalt térfogatváltozásokból, valamint a próbapó sütési vizsgálatok paraméterei alapján. Az egész technológiai folyamat során az oldható, FODMAP diétában jelentős szénhidrát komponensek változását is nyomon követtük.

Az eredmények azt mutatják, hogy vadkovász alapanyagként mindegyik fajta felhasználható, de kovász erőssége szempontjából szignifikánsak az eltérések. Legerősebb kovászt a rozsfajta adta, a tritikálé hasonlóan jó eredményeket mutatott, a búza kovások előbbiektől elmaradtak. A kenyerek térfogatában ez 10%-os különbséget jelentett a legkisebb (bíbor búza) és legnagyobb térfogatú (rozs) cipó között.

A FODMAP szempontjából legjelentősebb szénhidrát komponensben, a fruktán tartalomban 60-85%-os csökkenést tapasztaltunk a vadkovászból. Legalacsonyabb fruktán tartalommal a 'GK kék2' búzafajta kovásza rendelkezett (0,33 sz.a.%), míg legmagasabbal a rozs (0,45 sz.a. %). A végtermékek fruktántartalma ugyanakkor kiegyenlítődt. Függetlenül a kovász fajtájától mindegyik cipó azonos (0,3 sz.a. %) fruktántartalmúnak bizonyult.

A kutatást az OTKA-K (21-K138416) pályázat támogatta.

ROZS ÉS ÁRPA FAJTÁK GENETIKAI VÁLTOZÉKONYSÁGÁT KIKÜSZÖBÖLŐ LISZTKEVERÉKEK ELŐÁLLÍTÁSA GLUTÉN REFERENCIAANYAG FEJLESZTÉSE CÉLJÁBÓL

Muskovics Gabriella¹, Majlinda Xhaferaj², Katharina Scherf², Schall Eszter¹, Kormosné Bugyi Zsuzsanna³, Tömösközi Sándor¹

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar,
Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Gabonatudományi és
Élelmiszerminőség Kutatócsoport, Budapest

² Department of Bioactive and Functional Food Chemistry, Institute of Applied Biosciences,
Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe, Germany

³Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar, Dietetikai és Táplálkozástudományi Tanszék,
Budapest

A glutén az egyik legjelentősebb élelmiszerekben előforduló túlérzékenységi reakciót kiváltó összetevő, az arra érzékeny betegeknél rendellenességeket okozhat, melyek közül a cöliákiával foglalkozik a legtöbb kutatás. A cöliákiás betegek számára az egyetlen ismert hatékony kezelési mód a szigorú gluténmentes diéta. A glutén meghatározása ezáltal élelmiszerbiztonsági kérdés is, mivel a jogszabályi előírás szerint a gluténmentes élelmiszerek maximális gluténtartalma 20 mg/kg lehet. A gluténtartalom mérésére több analitikai módszer is rendelkezésre áll. Ugyanakkor a rutin analitikában különböző ELISA tesztek alkalmaznak. Jelenleg sem referencia módszer, sem olyan minősített referenciaanyag nem áll rendelkezésre, amely a glutén meghatározásának egységesítését lehetővé tenné.

A referenciaanyag fejlesztés során a gluténtartalmú gabonafajok (búza, árpa rozs, tritikálé), azon belül a fajták közötti genetikai, illetve a termesztési helytől, évszaktól függő környezeti változékonyság okozza az egyik legnagyobb problémát. Kutatócsoportunk korábban a búza alapú referenciaanyag fejlesztés során a világ több pontjáról begyűjtött 23 búzafajtából 5 fajtát kiválasztva egy reprezentatív lisztkeveréket állított elő, amely alkalmas lehet referenciaanyag jelöltnek. Mivel azonban a gluténmentes élelmiszerekben rozs és árpa eredetű glutén szennyeződés is előfordulhat, indokolt ennek a két gabonának a bevonása a referenciaanyag fejlesztésbe. A jelenleg alkalmazott mérési módszereknél búza alapú kalibrálóanyagokat alkalmaznak, ami a különböző gabonák eltérő gluténtartalma és fehérjeösszetétele, valamint a glutén ELISA-kban alkalmazott antitestek eltérő tulajdonságai miatt torzíthatja a mérési eredményeket rozs és árpa kontamináció esetén.

A rozs és árpa alapú referenciaanyagok fejlesztésénél a búza alapú referenciaanyagnál alkalmazott módszertannak megfelelően a genetikai és környezeti változékonyság reprezentálására a világ több pontjáról származó, különböző rozs és árpa fajtákat szereztünk be, ezek beltartalmi értékeit (nedvességtartalom, nyersfehérje, nyerszsír) és gluténtartalmát ELISA és kromatográfiás módszerekkel hasonlítottuk össze. A begyűjtött fajtákból az eredmények elemzése után olyan fajtákat választottunk ki, amelyek alkalmasak lehetnek egy, az adott gabonafaj gluténtartalmára nézve reprezentatívnek tekinthető keverék előállítására. Rozs esetében 56, árpa esetében 122 fajtát vizsgáltunk meg, majd ezekből 7 rozs és 8 árpa fajtát választottunk ki, melyekből az adott gabonára nézve reprezentatív keverékeket állítottunk elő.

A reprezentatív lisztkeverékek segítségével a további kísérleteinkben rozs, illetve árpa alapú glutén referenciaanyagot tervezünk előállítani egyrészt a lisztkeverékek közvetlen alkalmazásával, másrészt a referenciaanyag jelölt nagyobb tisztasága érdekében a fehérjék izolálásával.

A bemutatott kutatás kapcsolódik az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból támogatott TKP2021 pályázati program, BME-EGA-02 számú projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához.

HAZAI NEMESÍTÉSŰ BÚZAFAJTÁK ABIOTIKUS STRESSZ ADAPTÁCIÓS VIZSGÁLATA A FODMAP-TARTALOM VONATKOZÁSÁBAN

Nagy-Réder Dalma^{1,2}, Birinyi Zsófia^{1,2}, Ács Katalin³, Berényi Attila³, Fodor Nándor¹,
Békés Ferenc⁴ és Gell Gyöngyvér¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológia Doktori Iskola, Budapest

³Gabonakutató Nonprofit Kft., Szeged

⁴FBFD PTY LTD, Beecroft, Sydney, Ausztrália

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) előrejelzései alapján az elmúlt évtizedekre jellemző globális klímaváltozás és az ennek következtében fellépő szélsőséges időjárási jelenségek számottevő hatással lehetnek az élelmiszerellátási rendszer elemeire. A kalászos gabonafélék az alapvető humán táplálkozás és a feldolgozóipar meghatározó részét adják, így kulcsfontosságú az élelmiszerbiztonság szempontjából az olyan fajták nemesítési programokba vonása, amelyek a jövőben várható feltételek mellett is képesek biztosítani a megfelelő termésmennyiséget és -minőséget. A búza az egyik legfőbb FODMAP forrás a humán táplálkozásban, amely elősegíti az emésztőrendszer egészségét, ugyanakkor az arra hajlamosak esetében szerepet játszhatnak a különböző gasztrointesztinális megbetegedések kiváltásában. Korábbi tanulmányok alapján a FODMAP-tartalom erősen függ a búza genotípusától és a környezeti hatásoktól, így kulcsfontosságú a jövőre nézve, azon fajták nemesítése és termesztése, amelyek alacsonyabb FODMAP-tartalommal rendelkeznek és ezt a tulajdonságukat képesek megtartani a jövőben várható környezeti körülmények mellett.

A kísérletsorozatban a kiválasztott búzafajtákat fitotroni klímakamrákban felneveltük, melynek során emelt légköri CO₂ szint (650 ppm) mellett, a virágzás kezdetén és szentelítődés kezdetén szárazságstressz kezeléseket vetettük alá. A szabályozott környezeti körülmények lehetőséget nyújtanak a különböző búzafajták FODMAP-tartalmának és az abiotikus stressz kezeléseket okozta mennyiségi megváltozásának nyomon követésére.

Kutatásunk során megvizsgáltuk a kiválasztott fajták termésének FODMAP-tartalmát. Ennek során elemeztük a különböző abiotikus stressz hatások mellett kialakuló fruktán-, valamint az egyszerű cukrok mennyiségi megváltozását is. A fruktántartalom meghatározása az enzimátikus/spektrofotometriás AOAC 999.03 módszer alapján, a Fructan HK Assay kit felhasználásával történt, míg az egyszerű cukrok meghatározása HPLC-MS vizsgálattal készült.

Megállapítottuk, hogy a mennyiségi paraméterek megváltozása nagyban függ a genotípustól, az abiotikus stressz kezelésektől és időzítésétől. A hatások mértéke eltérő volt a virágzás kezdetén, illetve a szentelítődés kezdetén alkalmazott kezeléseket esetén. A vizsgálatok alapján elmondható, hogy az alkalmazott kezeléseket következtében csökkent a fruktán tartalom, míg a fruktóz mennyisége jelentősen megemelkedett.

A kutatás az „Interdiszciplináris Kutatóműhely Létrehozása a Klímaadaptív és Fenntartható Mezőgazdaságért” című pályázat (GINOP-2.3.2-15-2016-00028), az OTKA (FK-142170), az OTKA-K_21-K138416, valamint a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-3-II-ELTE-613 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

HAJTATÁSRA IS ALKALMAS ÚJ MULTIREZISZTENS PARADICSOM ALAKÚ PAPRIKA HIBRID

Ruskó József¹, Takács Eszter², Császár Karola¹

¹ Duna-R Kft.

² Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék

A paradicsom alakú paprika termesztésének a Kárpát-medencében, ezen belül Magyarországon nagyon nagy hagyománya van. Néhány évtizeddel ezelőtt már jelentős területen termesztették szabadföldön hazánkban. A szabadföldön kezdetben extenzív körülmények között kizselyegtáltak olyan hagyományos OP (szabadelvirágzású) fajtákat, amelyek nagy biztonsággal termesztethetők voltak a Kárpát-medencei éghajlati viszonyok között is ('Pallagi', 'Szentesi PAZ'). Ezeknek a fajtáknak nagyon magas volt a szárazanyag-tartalma és kiváló ízzel rendelkeztek, de termőképességük közepes volt. Friss fogyasztásra és konzervipari célokra használták ezeket az OP fajtákat.

Később nemesítési munkák eredményeként megjelentek a hibridek is. Az első a 'Pritavit F1' volt, amelyet biztonságosabban lehetett termesztetni, nagyobb termőképességgel rendelkezett és színanyag-tartalma is magasabb volt, mint a korábbi OP fajtáknak. Ezek az első hibrid fajták is szabadföldön terjedtek el. Hajtásban is kipróbálták, de nem volt jelentős terület, ahol dolgoztak volna vele. Később újabb hibridek jelentek meg, amelyek már tartalmaztak egyes betegségekkel szembeni rezisztenciát. A baktérium ellenállóságot biztosító *Bs-2* gént több fajtába is beépítették. Ezek a fajták intenzív körülmények között is termesztethetők voltak.

Miután a kápia típusú hibridek egyre jobban elterjedtek a termesztési gyakorlatban, folyamatosan háttérbe szorult a paradicsomalakú paprika fajtatípus termesztés, így komoly termesztőterület csökkenés következett be. Megváltoztak a feldolgozóipari igények és napjainkban egyre kisebb a szabadföldi termesztőterülete a paradicsomalakú paprika hibrideknek. A nemesítések során a fajták termőképessége folyamatosan emelkedett és a baktérium ellenállóság mellett a *TMV* (dohánymozaik vírus) és *TSWV* (paradicsom bronzfoltosság vírus) rezisztenciát is tartalmaztak már az újabb hibridek. Magyarországon jelenleg csak kis területen termesztik hajtásban a paradicsomalakú paprikát, mert a fajták szabadföldi termesztésre lettek nemesítve.

A kísérletek során teszteltük az új hibrid fajtajelölteinket fólia alatti hajtásban intenzív körülmények között talajra kiültetve, valamint fűtetlen körülmények között fólia alatt kókuszpaplanra kiültetve is. Ezen kívül szabadföldön intenzív körülmények között is vizsgáltuk a fajtajelöltek tulajdonságait kontroll fajtához viszonyítva. A Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetemmel együttműködve a potenciális fajtajelöltek beltartalmi értékeit is vizsgáltuk, valamint Szentesen érzékszervi bírálaton is átestek.

A kiválasztott fajtajelölt tapasztalataink szerint alkalmas hideghajtásra. Április elejétől kiültethető, folyamatosan köt, terem. Nagy biztonsággal termesztendő hajtásban. Multirezisztenciával rendelkezik, *TMV*, *TSWV* és *Lt* ellenállóságot biztosító géneket tartalmaz. Így kevesebb növényvédőszer felhasználásával egészségesebb, jóízű terméket tudunk a fogyasztók számára biztosítani.

A paradicsompaprika hajtási termesztéstechnológiája még kidolgozásra vár, de a benne lévő rezisztencia alkalmassá teszi fajtajelölteinket, hogy biztonsággal termesztendő legyen.

BELTARTALMI VIZSGÁLATOK KÜLÖNBÖZŐ PARADICSOMFAJTÁK ESETÉBEN

Schmidtné Szantner Barbara¹, Molnár-Mondovics Ágnes¹, Gáll Tibor¹, Tömösköziné Farkas Rita²

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Zöldségtermesztési Kutatóközpont, Kalocsa

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Élelmiszertudományi Kutató Csoport, Budapest

Kutatásunkban különböző genetikai tulajdonságú paradicsom (*Lycopersicon esculentum*) fajták termésében található másodlagos anyagcseretermékek összetételét vizsgáltuk. A 14 különböző paradicsom genotípus esetében meghatároztuk az antioxidáns kapacitást (DPPH) és egyes minőségi jellemzőket (polifenolok, tokoferolok, karotinoidok, C-vitamin). A leendő szülővonalakat, új hibridjelölteket, tradicionális ipari és étkezési fajtákat három egymást követő évben, szántóföldi és fóliás termesztésben is megvizsgáltuk. Célunk olyan kiemelkedő biológiai értékű, multirezisztens és nagy termőképességű genetikai vonalak kiválasztása volt, amelyek további nemesítési programokban felhasználhatók.

A különböző genotípusok és az évjáratok között szignifikáns különbségeket találtunk a gyümölcsök fitokémiájában. A teljes érettségi állapotban lévő, frissen betakarított bogyók likopin szintje 10,38 mg/kg (NAIK 114) és 63,23 mg/kg (NAIK 352) között mozgott. A β -karotin tartalom 0,49 mg/kg ('Unorosso F1') és 11,66 mg/kg ('Cherrola F1') között változott. A legmagasabb C-vitamin szintet (702,59 mg/kg) a 'Cherrola F1', míg a legalacsonyabbat (1,36,86 mg/kg) az 'Unorosso' gyümölcsökben mértük. A három termesztési időszakban a szabadban termesztett 'Cherrola F1' fajtájú termésekben határoztuk meg a legmagasabb polifenol-koncentrációt (579,19-804,12 mg/kg). Az α - és γ -tokoferol-tartalom 2,56 és 18,99 mg/kg, illetve 0,28 és 9,35 mg/kg között változott a friss paradicsom gyümölcsében.

Elmondható, hogy az ipari fajták gazdagabbak α -tokoferolban és karotinoidokban (likopinban). Eredményeink szerint a kisméretű fajták, mint például a 'Cherrola F1', 'NAIK 3254 F1' és 'Prairie Scooner' fajták β -karotin, γ -tokoferol, DPPH, C-vitamin és összpolicenol értékei szignifikánsan magasabbak voltak, mindkét termesztési mód esetében. A likopin és az α -tokoferol esetében nem találtunk összefüggést a bogyómérettel. A rezisztens és fogékony fajták összehasonlításakor a tokoferol koncentrációban és az antioxidáns kapacitásban nem találtunk szignifikáns különbséget. Sem az összes polifenol-tartalom, sem a C-vitamin nem mutatott pozitív korrelációt az antioxidáns aktivitással. A polifenolok, a β -karotin és a C-vitamin átlagértékei magasabbak voltak az érzékeny fajták esetében.

A 3 éves adatok diszkriminancia elemzése alapján a termesztési mód, a termés nagysága és a felhasználás módja szerint mintegy 80%-os valószínűséggel tudtuk a mintákat megkülönböztetni. A rezisztens fajták és nemesítési vonalak metabolit összetétele is eltért a fogékony fajtáktól. A fogékony fajták nagyobb koncentrációban tartalmazznak polifenolokat, mint a rezisztens paradicsomvonalak.

KUKORICA TERMÉSKOMPONENSEK ÉS A SPAD-ÉRTÉK KÖZÖTTI KORRELÁCIÓ

**Spitkó Tamás, Csepregi-Heilmann Eszter, Áldott-Sipos Ágnes, Szőke Csaba,
Pintér János, Berzy Tamás, Marton L. Csaba**

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

Korunk technikai fejlődésének köszönhetően az ezredforduló óta ún. fotometriás berendezések teszik lehetővé a fotoszintetikus aktivitás (levél klorofill koncentráció, vagy fotoszintetikusan aktív zöldfelület) mérésének széleskörű, egyszerű, gyors és számszerűsíthető módszereit. Ezeknek a műszereknek egyes típusai hordozható kivitelben is kaphatóak, így nagymértékben megkönnyítik a mérés technikáját és lehetőséget teremtenek a helyszíni vizsgálatokra a vegetáció tetszés szerinti időpontjaiban, a növényi szövetek roncsolása nélkül. Az egyik készülék a SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development) elnevezést kapta és immár huszonöt éves múltta tekint vissza (bár az első prototípus 1963-ban készült Japánban).

Kísérleteinkben arra a kérdésre kerestük a választ, hogy ennek az eszköznek a használata során kapott, levelenként mért klorofill koncentráció, illetve a teljes növényállományra vonatkozó fotoszintetikusan aktív növényfelület milyen összefüggésben áll a szezon végén betakarítható termés mennyiségével. Van-e korreláció a mért értékek és a termés mennyisége között, ha van, akkor milyen erős, befolyásolja-e a mérés időpontja az összefüggés erősségét. Továbbá arra a kérdésre kerestük a választ, hogy az átlagos csapadék-ellátottságú, illetve az aszályos évjáratokban változik-e a becslés megbízhatósága, vagy a genotípusonként kapott eredmény. A termés előre jelzése a növény mely fenofázisában válik lehetségessé, a különböző időpontokban mért érték milyen mértékben korrelál a terméssel, ennek a korrelációnak az erőssége hogyan változik a betakarítás közeledtével, erősödik-e, vagy gyengül, és egyáltalán lehetséges-e virágzáskor a várható termésről véleményt mondani.

A TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

ELŐREHALADÁS A BARNALÉ VIZSGÁLATÁVAL ÉS BIOIPARI HASZNOSÍTÁSÁVAL KAPCSOLATOS KUTATÁSOKBAN

Wildan Suhartini^{1,2}, Barna Döme¹, Oláhné Tóth Iholya¹, Domokos-Szabolcsy Éva¹,
Bákonyné Nóra¹ és Fári Miklós Gábor¹

¹Debreceni Egyetem, MÉK, Alkalmazott Növénybiológiai Tanszék, Debrecen

²Food Technology Study Program, Faculty of Industrial Technology, Sumatera Institute of Technology, Indonesia

A Proteomill projekt során a Tedejen 2021-ben felépült ipari demonstrációs üzemben a lucerna zöld biomasszából préseléssel kinyert zöldléből – szabadalmaztatott mikrohullámú hőközléssel - fehérje makrokoagulumokat és abból szárítással koncentrátumot (LFK – Levélfehérje Koncentrátum, LPC - Leaf Protein Concentrate) lehet előállítani. A 2001-ben elindult, majd 2016-ban folytatott legújabb hazai levélfehérje kutatással csaknem egyidejűleg kezdetét vette a barnalé kutatás is. A DE MÉK Alkalmazott Növénybiológia Tanszéken működő Növényi Biostimulánsok és Mikroalgák Innovációs és Technológiai Kutatócsoport (BAR) a kutatás kezdetén, a lucerna barnalé tulajdonságainak feltérképezésével (lévén, hogy színanyagokban, vitaminokban, enzimekben és ásványi anyagokban, antioxidáns tulajdonságú vegyületekben, valamint egyéb bioaktív komponensekben gazdag) foglalkozott, melynek során nyilvánvalóvá váltak a melléktermékben rejlő lehetőségek. A kutatócsoport jelenleg különböző növényfajokból származó barnaleveket vizsgál, melyekből termékeket fejleszt és javaslatokat tesz a növénytáplálás, a talajkondicionálás, a takarmányozás, a humánélelmiszer és mikrobiológiai táptalajként történő alkalmazás lehetőségeire vonatkozóan. A kutatócsoport által kifejlesztett, barnalé hasznosításra irányuló hazai és nemzetközi szabadalmi bejelentés született, melynek címe: „Fermentált lucerna savó alkalmazhatósága tápközegként” (benyújtás dátuma: 2021.06.08.). A szabadalmi bejelentés kiemelt támogatást élvez annak okán, hogy a fermentált lucerna barnalé alkalmazása a mikroalga nevelésben ipari szempontból kiemelten előnyös azáltal, hogy rövidebb idő alatt nagyobb mennyiségű biomassza állítható elő az eljárás segítségével, illetve a keletkező alga biomassza kedvezőbb beltartalmi tulajdonságokkal (pl.: magasabb fehérjetartalommal) rendelkezik. Világossá vált, hogy a barnalevet különféle termékekké, illetőleg termék alapanyagokká konvertálva nemcsak a hulladéktermelést és a megsemmisítéssel járó környezetterhelést csökkenthetjük, hanem a termékek eladásával a technológia jövedelmezőségét biztosíthatjuk. Az elmúlt években olyan növényi, barnalé alapú alapú, bio- és ökológiai gazdálkodásban is alkalmazható biostimulátor termékeket fejlesztettünk ki, melyek kis és nagyparcellás, valamint GEP kísérletekben, szántóföldi, kertészeti és erdészeti kultúrákban, alacsony (0,5-2,5%) koncentrációban alkalmazva szignifikánsan növelték a kukorica, napraforgó, őszibúza, *Celosia*, bazsalikom, bársonyvirág, kőris magasságát, az őszi búza, *Celosia*, bazsalikom, bársonyvirág, kőris leveleinek a számát, a *Celosia* sp., bazsalikom, bársonyvirág hajtás és gyökér tömegét, a kukorica, napraforgó, alma és meggy termésének a mennyiségét, az alma és meggy gyümölcsének az átmérőjét, a kukorica, *Celosia* sp. bazsalikom és a bársonyvirág fotoszintetikus pigmentjeinek a mennyiségét, valamint a napraforgó tányérátmérőt és a magvak ezerszemtömegét, továbbá az őszibúza kalászonkénti szemszámát. A növényi növekedést stimuláló ún. PGPB (*Plant Growth Promoting Bacteria*) baktériumokat tartalmazó fermentált növényi barnalé és ennek felhasználásával előállított *Chlorella* és *Spirulina* mikroalga tartalmú készítmények az organikus biostimulánsok és biostimulátorok legújabb generációját képezhetik, azáltal, hogy hozzájárulnak az egészségesebb, pl. antioxidánsokban gazdagabb, vegyszermentes, illetve, csökkentett vegyszerfelhasználású élelmiszer- és takarmányelőállításához.

A *DEMETER* GÉN SZEREPE AZ ÁRPA REPRODUKTÍV SZÖVETEIBEN A DNS METILÁCIÓS MINTÁZAT KIALAKÍTÁSÁBAN

SZABADOS FANNI^{1,2}, KIS ANDRÁS², POLGÁRI DÁVID^{1,2},
AUWALU ABDU², MAKAI DIÁNA¹, SÁGI LÁSZLÓ¹, HAVELDA ZOLTÁN², FÁBIÁN ATTILA¹, CSEH
ANDRÁS¹ és SEPSI ADÉL²

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet, Gödöllő

A DNS citozin-metilációval történő epigenetikai módosítása fontos szerepet játszik a génexpresszió szabályozásában, a transzpozonok csendesítésében és a kromatin szerveződésében. A növények vegetatív és generatív fejlődéséhez alapvető DNS-metilációs mintázatot a metiltransferáz enzimek alakítják ki, míg a DNS-glikoziláz enzimek a metilcsoportok aktív eltávolításával járulnak hozzá a metiláció homeosztázisának fenntartásához. Kutatásunk célja, hogy megvizsgáljuk az 5-metilcitozin DNS-glikoziláz enzim *DEMETER* (*DME*) által katalizált aktív demetiláció szerepét a kultúrnövények ivaros szaporodási folyamataiban, különös tekintettel az árpa (*Hordeum vulgare* cv. 'Golden Promise') ivarsejtjeit kialakító meiotikus sejtosztódásra és termékenységére. CRISPR-Cas9 genomszerkesztő rendszerrel létrehozott heterozigóta és homozigóta *dme* mutáns vonalakat vizsgáltunk immunocitokémiai és citológiai módszerekkel. Eredményeink azt mutatták, hogy a *DME* gén funkcióképtelen mutációja módosította a generatív szervekben fejlődő meiotikus sejtek DNS metilációs mintázatát és kedvezőtlenül befolyásolta a növények fertilitását. A *DME* gén által szabályozott aktív demetiláció szerepének pontosabb feltárása az árpa és más gabonafélék meiotikus sejtosztódására elősegítheti a genetikai sokféleség fokozását és a biotechnológián alapuló hatékony növénynevelési programok kialakítását.

Kulcsszavak: DNS metiláció, árpa, meiotikus rekombináció

THE ROLE OF *DEMETER* GENE IN REGULATING THE METHYLATION PATTERN IN REPRODUCTIVE TISSUES IN BARLEY

F. SZABADOS^{1,2}, A. KIS², D. POLGÁRI^{1,2}, A. ABDU², D. MAKAI¹, L. SÁGI¹, Z. HAVELDA², A. FÁBIÁN¹, A. CSEH¹ and A. SEPSI¹

¹HUN-REN Centre for Agricultural Research, Agricultural Institute, Martonvásár

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Genetics and Biotechnology, Gödöllő

The epigenetic modification of DNA through cytosine methylation plays an important role in regulating gene expression, silencing transposons, and organizing chromatin. Essential DNA methylation patterns for both vegetative and generative development in plants are established by methyltransferase enzymes, while DNA glycosylase enzymes contribute to maintaining methylation homeostasis by actively removing methyl groups. Our research aims to examine the role of active demethylation catalyzed by the 5-methylcytosine DNA glycosylase enzyme *DEMETER* (*DME*) in the sexual reproduction processes of crop plants, with a particular focus on meiotic cell divisions and fertility in barley (*Hordeum vulgare* cv. 'Golden Promise'). We investigated heterozygous and homozygous *dme* mutant lines created using the CRISPR-Cas9 genome editing system using immunocytochemistry and cytological methods. Our results showed that the loss of function mutation in the *DME* gene altered the DNA methylation patterns in meiotic cells developing in generative organs and adversely affected plant fertility. A more precise understanding of the role of active demethylation regulated by the *DME* gene in the meiotic cell divisions of barley and other cereals could enhance genetic diversity and facilitate the development of efficient plant breeding programs based on biotechnology.

Key words: DNA methylation, barley, meiotic recombination

Bevezetés

Az árpa (*Hordeum vulgare*) a mérsékelt égöv egyik legfontosabb termesztett gabonaféléje, mely a 10.000 évvel ezelőtti, a Termékeny Félholdban történő mezőgazdasági forradalom óta a történelmünk szerves részét képezi (*Badr et al.* 2000). Napjainkban világszerte mintegy 50 millió hektáron 150 millió tonnát termesztünk évente, az Európai Unió területén pedig 50 millió tonnát meghaladó évi átlagtermésével a harmadik legtöbbet termő gabona (*FAOSTAT, EUROSTAT*).

Agronómiai tulajdonságai közül kiemelkedik koraisága, ellenálló- és alkalmazkodóképessége, amelyek az élelmiszerbiztonság és fenntarthatóság kulcsfontosságú szereplőjévé teszik.

Az árpa 5.1 Gbp nagyságú genomját széles körű nemzetközi együttműködéseknek köszönhetően részletesen feltérképezték (*Mascher et al.* 2017, 2021), amely így kiváló alapot nyújt a genom alapú kutatásokhoz. Vad rokon fajai, tájfajta- és fajta gyűjtemények széles forrását képezik a genetikai variabilitásnak, amely megfelelő alapot nyújt a biotechnológián alapuló növényneveléshez. A genomszerkesztési módszerek fejlődése, kiemelve az *Agrobacterium* közvetítette transzformációt, lehetővé tette a transzgenikus árpa hatékony előállítását, megkönnyítve ezzel a gének funkcionális analizisét és új növénynevelési stratégiák alkalmazását (*Kumlehn et al.* 2006). További előny, hogy a termesztett árpa genomja diploid, így modellnövényként alkalmazható a gabonafélék körében. Különösen értékes tudást nyújt a búzakupátás számára, hiszen a hexaploid kenyérbúza három rendkívül hasonló (homeológ) algenomja mind a genetikai, mind a citológiai vizsgálatokat megnehezíti.

A mai mezőgazdasági termelés legnagyobb kihívása az élelmiszerbiztonság fenntartása a föld rohamos népesedése és az éghajlatváltozás okozta szélsőséges éghajlati viszonyok mellett. A klímaváltozás sújtotta mezőgazdasági termelés az előrejelzések szerint 2050-re tovább romlik, elérve akár az évi 30%-os termésvesztést (*Keeney et al.* 1997; *Trnka et al.* 2014). Egy gabonafajta nevelése 8-10 évet vesz igénybe, ezért az alkalmazkodóbb fajták nevelése rendkívül sürgető probléma. Az alkalmazkodóbb fajták hatékony előállításához innovatív nevelési stratégiák kidolgozására van szükség, amelyek új és nagyobb számú génkombináció kialakításával lehetővé teszik az előnyös tulajdonságok egy növényvonalban történő felhalmozását.

Az agronómiailag hasznos tulajdonságot kódoló gének új kombinációi a meiózis során, az apai és anyai allélok kölcsönös cseréjével, a meiotikus rekombinációval jönnek létre. A rekombináció a meiózis profázisában a SPO11 nevű topoizoméráz enzim által katalizált, genomszerte nagyszámban kialakuló, programozott DNS kettőszálú töréssel indul, amelyek DNS hibajavító mechanizmustól függően genetikai átkereszteződés (crossover, CO) vagy genetikai át nem kereszteződés (noncrossover, NCO) alakulnak (*Gray és Cohen* 2016, *Keeney et al.* 1997, *Sepsi és Schwarzacher* 2020). A nagy genommal rendelkező gabonafélékben mint pl. árpában, a crossover-ek elhelyezkedése túlnyomóan a szubtelomerikus régiókra korlátozódik. A pericentromerikus régiókat korai meiózisban zárt kromatinszerkezet jellemzi, amely gátolhatja a rekombinációs események iniciációját és a crossover-ek megjelenését (*Lenyko-Thegze et al.* 2021).

A DNS citozin metilációja az egyik legjelentősebb epigenetikai módosulás, amely mind a DNS térszerkezetét, mind a kódolt szekvenciák aktivitását befolyásolja. Az ismétlődő elemek metilációja DNS csendesítést eredményez, míg az exonokban előforduló metiláció (*gene-body methylation*) az adott gén aktívabb átírását teszi lehetővé (*Mattei et al.* 2022). *Arabidopsis thaliana*-ban a DNS metilációs mintázat megváltoztatásával a rekombináció frekvenciája és elhelyezkedése átfórmálódott. A metiláció fenntartásában szerepet játszó kulcs gén, a metiltranszferáz (*MET1*) funkcióképtelen mutációja a heterokromatikus pericentromerikus régiókban tovább fokozta a rekombináció gátlását, azonban az eukromatikus hotspotokon gyakoribbá váltak a crossover-ek (*Yelina et al.* 2015). Ezzel szemben a *CMT3* kromometiláz gén mutációja felerősítette a korábban lecsendesített pericentromerikus régiókban a crossover-ek előfordulását (*Underwood et al.* 2018).

A DNS metiláció enzimikus eltávolításáért -aktív demetilációért- felelős *Demeter* gén számos fejlődési folyamatban meghatározó szereppel bír, mint a transzpozon csendesítés, genetikai imprinting, a genom-integritás megőrzése embriófejlődés során, így a reprodukcióban, korai szemfejlődésben nélkülözhetetlen (*Bauer és Fischer* 2011, *Choi et al.* 2002, *Khouider et al.* 2021).

A jelen kutatás célja olyan genetikai alapanyagok előállítása árpában, amelyek alkalmasak lehetnek a nevelési programokban a genetikai rekombináció növelésére és ezáltal

új, genetikailag diverzebb vonalak létrehozására. Ennek eléréséhez a meiotikus rekombináció epigenetikai szabályozását vizsgáljuk árpaiban modern molekuláris biológiai, citológiai és sejtbiológiai módszerek segítségével. Olyan árpa vonalak vizsgálatát végeztük el, amelyekben korábban génszerkesztés (CRISPR-Cas) technológiával a *DEMETER* demetiláz enzim kódoló gén funkcióképtelen mutációját hoztuk létre. A jelen kísérletekben azt vizsgáltuk, hogyan befolyásolja a *DEMETER* gén funkciójának hiánya a DNS citozin metilációs mintázatát mitotikus és meiotikus szövetekben, majd elemeztük a gén meiotikus sejtosztódására és termékenységre kifejtett hatását is.

Anyag és módszer

Korábban CRISPR-Cas9 módszerrel (Kis et al. 2019, 2024) előállított homozigóta és heterozigóta *H. vulgare* 'Golden Promise' *dme* knockout mutáns vonalakat hat hétig vernalizációs kamrában hideghatásnak tettük ki (4 °C, 10 h; 14 h megvilágítás). Hidegkezelést követően a növényeket talaj-homok-tőzeg megfelelő arányú keverékébe ültettük (12 x 12 x 18 cm cserepeket felhasználva) majd szabad ég alatti körülmények között neveltük.

A meiotikus mintavételekhez a megfelelő fejlődési fázis meghatározásához kitapintást követően az éretlen kalász hosszát vettük figyelembe majd azonos virágban levő portokból kárminvörös festéssel készített sejtmagpreparátumon ellenőriztük a meiotikus fázist (Sepsi et al. 2018). A szomatikus sejtek vizsgálatához gyökércsúcs mintákat gyűjtöttünk a *dme* mutáns és a 'Golden Promise' kontroll növényekről.

A fő- és mellékkalaszok fertilitását a virágonkénti szemszámok százalékos arányával határoztuk meg.

A meiotikus és mitotikus sejtek elemzéséhez 3-3 kontroll és *dme* mutáns növényről gyűjtöttünk mintát. Növényenként 5-5 portok, termő és gyökércsúcs mintát 4% (w/v) formaldehidet tartalmazó 50 mM Na-cacodylate pufferben (pH 7,2) szobahőmérsékleten (RT) fixáltunk. A mintákat pufferben történő mosás és etanos dehidrált követően LR White gyantával infiltráltuk (Ted Pella, Redding, CA, USA), amelyet 55 °C-on, 48 óráig polimerizáltuk. Az Ultracut-E mikrotóm (Reichert-Jung, Heidelberg, Németország) segítségével félvékony (1 µm) metszeteket készítettünk (Fábián et al. 2024).

A DNS citozin metilációs mintázatának kimutatására egérben felszaporított anti-5-metil citozin monoklonális ellenanyagot (5-mC Cl. b, C15200006; Diagenode, Belgium, Európa) alkalmaztuk, amelyet fluoreszcensen jelölt másodlagos ellenanyag (aberrior STAR ORANGE, goat anti-mouse IgG, NC1933863; aberrior, Göttingen, Németország, Európa) segítségével detektáltunk. Az anti-5-metil citozin ellenanyagot 1:200 arányban blokkoló oldattal hígítottuk (Makai et al. 2023), majd azt a preparátumokra pipettáztuk és 37 °C-on (1 óra) majd 4 °C-on (16-18 óra) inkubáltuk. A másodlagos ellenanyagot 1:300 arányban hígítottuk és a tárgylemezre pipetázva azokat 45 percig 37°C-on inkubáltuk. A kész preparátumokat diamidino-2-phenylindole (DAPI) - Vectashield oldattal kontrasztfestettük (Vector laboratories, Inc. H-1200, Newark, CA, USA) majd üvegfedőlemez segítségével lefedtük.

A fluoreszcens jeleket TCS SP8 lézer pásztázó konfokális mikroszkóppal (Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Németország) detektáltuk.

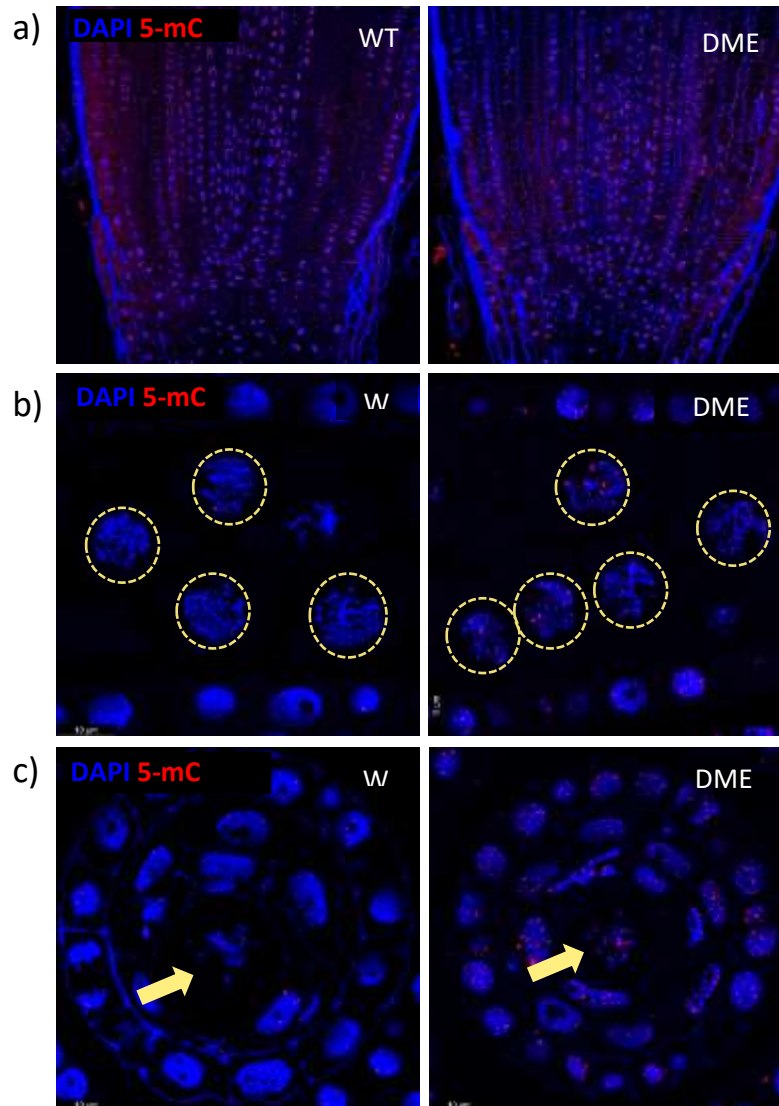
Az 5-mC fluoreszcencia intenzitás statisztikai elemzéséhez vad és *dme* mutáns genotípusoknál a női meiociták esetében kétmintás t-próbát alkalmaztunk, míg a hím meiociták és a gyökér merisztéma sejtek vizsgálatánál Welch-próbát végeztünk. A statisztikai elemzéshez az IBM SPSS (v 29, Armonk, 2022) programot használtuk.

Eredmények

Annak érdekében, hogy megvizsgáljuk a *DEMETER* gén valóban hatással van-e a DNS metilációs mintázatára, *dme* mutáns és kontrollként használt 'Golden Promise' árpaiban gyökércsúcs-, fiatal portok és termő szöveti metszeteken meghatároztuk a DNS metilációs szintjét. A metilációs szint kimutatásához immunjelöléssel egybekötött konfokális mikroszkópiát alkalmaztunk. A gyökércsúcs mintákon az apikális merisztéma sejtek 5-metilcitozin ellenanyag fluoreszcencia intenzitását mértük. Kétmintás t-próba alapján nem mutattak szignifikáns különbséget ($t(415) = 0,224, p < 0,823$) a *dme* és WT genotípusban mért fluoreszcencia értékek. A fiatal portokok esetében a meiózis I. profázisában fixált hím meiociták 5-metilcitozin ellenanyag fluoreszcencia erősségét mértük. Welch-próba alapján a *dme* vonalban mért fluoreszcencia erősség szignifikánsan magasabb volt a vad típushoz képest ($t(368) = 16,59, p < 0,001$). A női meiociták metilációs mintázatának vizsgálatánál kétmintás

t-próba szignifikáns különbséget mutatott a két genotípus között ($t(66) = 2,67, p < 0,05$), mutatva hogy a *dme* mutánsban szignifikánsan megemelkedett a DNS metilációs szint. Eredményeink megmutatták, hogy a *DME* gén nem hat szignifikánsan a szomatikus sejtek metilációs mintázatára azonban a gén funkciójának hiánya szignifikánsan növeli a reproduktív szövetek metilációs szintjét (1. ábra).

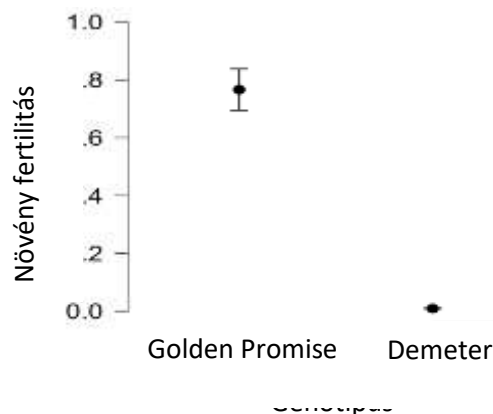
1. ábra A metilációs mintázat vizsgálata kontrollként használt 'Golden Promise' árpa (WT) és *dme* mutáns (DME) szomatikus és reproduktív szöveteiben. (a) Kontroll és *dme* mutáns növények gyökércsúcsának hosszsz metszeti képei anti 5-metilcitozin



(vörös jel) ellenanyaggal történő immunjelölés és a kromatint kimutató DAPI kontrasztfestést (kék) követően.

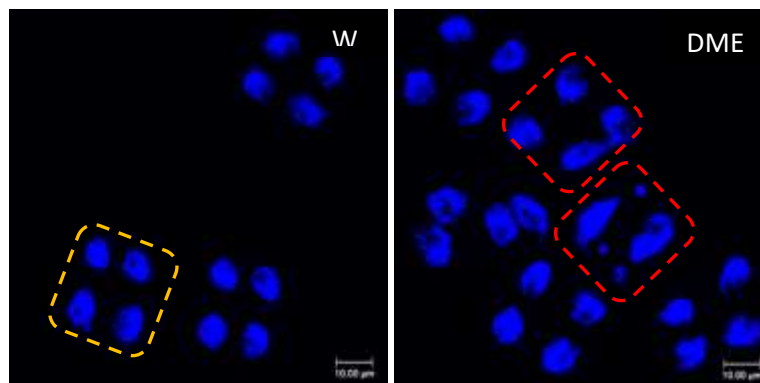
(b) Portok és (c) termő metszetek metilációs mintázatának kimutatása 5-metilcitozin (vörös jel) ellenanyaggal történő immunjelölés és a kromatint jelölő DAPI kontrasztfestést (kék) követően. A portok metszeteken a meiotikus sejteket sárga körök jelölik, míg a termő metszetek ovulumaiban elhelyezkedő meiotikus profázis I.-ben levő női meiocita sárga nyíllal jelölt. Mércé: 10 μ m.

Annak érdekében, hogy megerősítsük a *DME* gén hatását az árpa generatív szöveteire elvégeztük a mutáns és a kontrol kalászkok termékenységeinek elemzését. A *dme* mutáns növények kalászhai 0,1%-os fertilitás értéket mutattak, mely drasztikus visszaesést jelentett a vad típus 75%-os fertilitási értékével szemben (2. ábra).



2. ábra: A *DEMETER* gén nonfunkcionális mutáció hatásának vizsgálata a kalászkok fertilitására (virágonkénti szemszám). A *dme* mutáns növények fertilitása szignifikánsan visszaesett a kontrollként használt 'Golden Promise' (WT) árpa növényekhez képest.

Annak igazolására, hogy a sterilitás oka visszavezethető-e a meiózisban fellépő rendellenességekre meiotikus sejtmagpreparátumokon kontrasztfestést végeztünk és vizsgáltuk az esetlegesen előforduló meiotikus aberrációkat. A strukturális eltérések vizsgálatához a meiózis II. – tetrad- fázisban fixált sejteket vizsgáltunk. A *dme* vonalban szignifikánsan megugrott az aberráns sejtek aránya, amely alátámasztotta, hogy a gén működésének hiánya hatással van a meiotikus sejtosztódásra (3. ábra).



3. ábra: A meiotikus sejtosztódás eredményeként létrejött tetrádok mikroszkópos elemzése demeter mutáns (DME) és kontrollként használt Golden Promise árpa növényekben. A tetrádok haploid sejtmagjait DAPI kontrasztfestéssel (kék) mutattuk ki. A kontrol Golden Promise árpában detektált egészséges tetrádok egyik példányára sárga kerettel jelölt, míg a DME mutáns aberráns sejtosztódásának eredménye piros kerettel jelölt.

A meiotikus aberrációk száma azonban nem volt arányban a termékenység kiesés mértékével, így a jelenleg rendelkezésre álló adatok alapján feltehetően a Demeter gén mutációjának termékenységcsökkentő hatása nem kizárólag a meiotikus sejtosztódáson keresztül valósul meg. További kísérleteinkben igyekszünk feltárni a termékenység kiesés további okait és pontosan meghatározni a DME gén hatását a meiotikus rekombinációra.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (TKP2021-NKTA) és a Nemzeti Laboratóriumok Program támogatta (RRF-2.3.1-21-2022-00007).

Irodalom

- Badr, A., M. K., Sch, R., Rabey, H. El, Effgen, S., Ibrahim, H. H., Pozzi, C., Rohde, W., Salamini, F. (2000): On the Origin and Domestication History of Barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution*, **17**(4), 499–510. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a026330>
- Bauer, M. J., Fischer, R. L. (2011): Genome demethylation and imprinting in the endosperm. *Current Opinion in Plant Biology*, **14**(2), 162–167. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2011.02.006>
- Choi, Y., Gehring, M., Johnson, L., Hannon, M., Harada, J. J., Goldberg, R. B., Jacobsen, S. E., Fischer, R. L. (2002): DEMETER, a DNA Glycosylase Domain Protein, Is Required for Endosperm Gene Imprinting and Seed Viability in Arabidopsis. *Cell*, **110**(1), 33–42. [https://doi.org/10.1016/S0092-8674\(02\)00807-3](https://doi.org/10.1016/S0092-8674(02)00807-3)
- Fábián, A., Péntek, B. K., Soós, V., Sági, L. (2024). Heat stress during male meiosis impairs cytoskeletal organization, spindle assembly and tapetum degeneration in wheat. *Frontiers in Plant Science*, **14**. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1314021>
- Gray, S., Cohen, P. E. (2016): Control of Meiotic Crossovers: From Double-Strand Break Formation to Designation. *Annual Review of Genetics*, **50**(1), 175–210. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-120215-035111>
- Keeney, S., Giroux, C. N., Kleckner, N. (1997): Meiosis-Specific DNA Double-Strand Breaks Are Catalyzed by Spo11, a Member of a Widely Conserved Protein Family. *Cell*, **88**(3), 375–384. [https://doi.org/10.1016/S0092-8674\(00\)81876-0](https://doi.org/10.1016/S0092-8674(00)81876-0)
- Khoudier, S., Borges, F., LeBlanc, C., Ungru, A., Schnittger, A., Martienssen, R., Colot, V., Bouyer, D. (2021): Male fertility in Arabidopsis requires active DNA demethylation of genes that control pollen tube function. *Nature Communications*, **12**(1), 410. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20606-1>
- Kis, A., Hamar, É., Tholt, G., Bán, R., Havelda, Z. (2019): Creating highly efficient resistance against wheat dwarf virus in barley by employing <sc>CRISPR</sc> /Cas9 system. *Plant Biotechnology Journal*, **17**(6), 1004–1006. <https://doi.org/10.1111/pbi.13077>
- Kis, A., Polgári, D., Dalmadi, A., Ahmad, I., Rakszegi, M., Sági, L., Csorba, T., Havelda, Z. (2024): Targeted mutations in the GW2.1 gene modulate grain traits and induce yield loss in barley. *Plant Science*, **340**, 111968. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111968>
- Kumlehn, J., Serazetdinova, L., Hensel, G., Becker, D., Loerz, H. (2006): Genetic transformation of barley (*Hordeum vulgare* L.) via infection of androgenetic pollen cultures with *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Biotechnology Journal*, **4**(2), 251–261. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2005.00178.x>
- Lenykó-Thegze, A., Fábián, A., Mihók, E., Makai, D., Cseh, A., Sepsi, A. (2021): Pericentromeric chromatin reorganisation follows the initiation of recombination and coincides with early events of synapsis in cereals. *The Plant Journal*, **107**(6), 1585–1602. <https://doi.org/10.1111/tpj.15391>
- Makai, D., Mihók, E., Polgári, D., Cseh, A., Lenykó-Thegze, A., Sepsi, A., Sági, L. (2023): Rapid in-solution preparation of somatic and meiotic plant cell nuclei for high-quality 3D immunoFISH and immunoFISH-GISH. *Plant Methods*, **19**(1), 80. <https://doi.org/10.1186/s13007-023-01061-7>
- Mascher, M., Gundlach, H., Himmelbach, A., Beier, S., Twardziok, S. O., Wicker, T., Radchuk, V., Dockter, C., Hedley, P. E., Russell, J., Bayer, M., Ramsay, L., Liu, H., Haberer, G., Zhang, X.-Q., Zhang, Q., Barrero, R. A., Li, L., Taudien, S., ... Stein, N. (2017): A chromosome conformation capture ordered sequence of the barley genome. *Nature*, **544**(7651), 427–433. <https://doi.org/10.1038/nature22043>
- Mascher, M., Wicker, T., Jenkins, J., Plott, C., Lux, T., Koh, C. S., Ens, J., Gundlach, H., Boston, L. B., Tulpová, Z., Holden, S., Hernández-Pinzón, I., Scholz, U., Mayer, K. F. X., Spannagl, M., Pozniak, C. J., Sharpe, A. G., Šimková, H., Moscou, M. J., ... Stein, N. (2021): Long-read sequence assembly: a technical evaluation in barley. *The Plant Cell*, **33**(6), 1888–1906. <https://doi.org/10.1093/plcell/koab077>
- Mattei, A. L., Bailly, N., Meissner, A. (2022): DNA methylation: a historical perspective. *Trends in Genetics*, **38**(7), 676–707. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2022.03.010>
- Sepsi, A., Fábián, A., Jäger, K., Heslop-Harrison, J. S., Schwarzacher, T. (2018): ImmunoFISH: Simultaneous Visualisation of Proteins and DNA Sequences Gives Insight into Meiotic Processes in Nuclei of Grasses. *Frontiers in Plant Science*, **9**. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01193>
- Sepsi, A., Schwarzacher, T. (2020): Chromosome–nuclear envelope tethering – a process that orchestrates homologue pairing during plant meiosis? *Journal of Cell Science*, **133**(15). <https://doi.org/10.1242/jcs.243667>
- Trnka, M., Rötter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K. C., Olesen, J. E., Žalud, Z., Semenov, M. A. (2014): Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change*, **4**(7), 637–643. <https://doi.org/10.1038/nclimate2242>
- Underwood, C. J., Choi, K., Lambing, C., Zhao, X., Serra, H., Borges, F., Simorowski, J., Ernst, E., Jacob, Y., Henderson, I. R., Martienssen, R. A. (2018): Epigenetic activation of meiotic recombination near *Arabidopsis thaliana* centromeres via loss of H3K9me2 and non-CG DNA methylation. *Genome Research*, **28**(4), 519–531. <https://doi.org/10.1101/gr.227116.117>
- Yelina, N. E., Lambing, C., Hardcastle, T. J., Zhao, X., Santos, B., Henderson, I. R. (2015): DNA methylation epigenetically silences crossover hot spots and controls chromosomal domains of meiotic recombination in *Arabidopsis*. *Genes & Development*, **29**(20), 2183–2202. <https://doi.org/10.1101/gad.270876.115>

HARMINC MUNKAHELYES HIPOGRAVITÁCIÓS KLINOSZTÁT A DEBRECENI BIODROME-BAN: ÚJ LEHETŐSÉG A HAZAI ŰRNÖVÉNYKUTATÁSBAN

Tóth Csaba¹, Veres Szilvia¹; Kruppa József³ és Fári Miklós Gábor^{1,2}

¹Debreceni Egyetem, MÉK, Alkalmazott Növénybiológiai Tanszék, Debrecen

²Erekly Károly Biotechnológiai Alapítvány, Székesfehérvár

³Kruppa- Mag Kft, Kisvárd

A növényekre ható geotropizmus első feljegyzett kutatása több mint kétszáz éve, 1806-ban történt, amikor az angol *Thomas A. Knight* egy vízimalom forgó kerekére cserépben nevelt növényeket erőstett. A geotropizmus tanulmányozására nézve nem sejtett jelentőségű volt az első zártterű klinosztát megszerkesztése 1871-ben. *Julius Saschnak* ekkor sikerült az egyoldalúan ható nehézségi erőt tudományos kutatásra is alkalmas új eszközzel részlegesen kiküszöbölnie. Kevésbé ismert, hogy a magyar növényélettan alapító atyák közül *Mágócsy-Dietz Sándor* és *Paál Árpád* is tanulmányozták a „geotropikus ingerfolyamatokat”. *Wilhelm Pfeffer* tübingeni laboratóriumában a fiatal Mágócsy-Dietz kutathatott (1881). *Paál Árpád* (1911) olyan készüléket szerkesztett Budapesten, amely segítségével egyszerre tanulmányozhatta a klinosztát- és a vákuum-hatást bab csíragyökerekkel. Fél évszázaddal később Fertődön *Garay András* és munkatársai zabbal és fehérvirágú csillagfürttel végeztek gravitációs kísérleteket (*Garay et al.* 1965), a cserepek naponkénti kézi forgatásával. Ezt a kutatást – hasonló forgatásos módszerrel - *Sági Ferenc* és munkatársai először durum-, majd őszi búza fajtákkal Szegeden folytatták ('GK Aga' és 'Mondur', illetve 'Jubilejnaja-50' és 'Mini Mano') (*Sági és S. Lomniczi* 1984, *Sági et al.* 1986). A durumbúza kísérletről *Sági Ferenc* a következőket írta, négy évtizede: „A jelenlegi űrállomásokon nem lehet intenzív növekedésű, nagy térigényű növényekkel hosszú lefutású kísérleteket végezni, ezért a megfigyelések túlnyomórészt csíranövényekre vonatkoznak. Bár az űrtársadalmak ma még csak a *science fiction* képzelet világában léteznek, a tartózkodási rekordok gyakori megdőlése sejtetni engedi, hogy az ember a világűrben előbb-utóbb tartósan is berendezkedik. Nem érdektelen tehát tudni, miként zajlik le mikrogravitációs térben valamely haszonnövény teljes életciklusa, és változik-e produktivitása. Ezekre a kérdésekre gyakorlatilag a keléstől a beérésig csökkentett gravitációnak (gravitációs stressz) alávetett durumbúza növények növekedés- és fejlődésmenetét, valamint termését és termésösszetevőit tanulmányozva kerestük a választ. Ilyen jellegű klinosztátos tartamkísérleteket eddig tudomásunk szerint szintén nem végeztek... Feltételezhető, hogy a forgatás következtében folyton ellentétessé váló gravitációs hatásra reagálás annyira megterheli a növény energiatermelő rendszerét, hogy az a növekedés és a reprodukció normalizálásához már nem tud elegendő energiát szolgáltatni. Mindez nem biztató a világűrbeli növényi élelmiszer-önellátás szempontjából. Azonban a vizsgált két durumbúza nem viselkedett egyformán a csökkentett gravitáció körülményei között: az alacsonyabb termetű 'GK Aga' növekedése és fejlődése kevésbé volt érzékeny, a 'Mondur' viszont a termésképzés tekintetében mutatkozott rezisztensebbnek. Bár gravitációs stressz túrésára a búzafajtákat nyilván nem szelektálták, talán mégis létezhet vagy előállítható olyan fajta, amely a kisebb nehézségi erőhöz is kielégítően tud alkalmazkodni. Lehetséges, hogy egy ilyen fajta földi környezetben is előnyösen viselkedne. (*Sági és S. Lomniczi* 1984).

Fenti gondolatokra is alapozva határozta el a Debreceni Egyetem MÉK Űrnövénykutató Csoportja egy nagykapacitású, harminc munkahelyes, okos LED világítással kiegészített és programozható klinosztát kialakítását a Debreceni Biodrome-ban. Kutató csoportunk jelenleg a Hunor programban szereplő űrpaprika- és durumrozs fajtákkal végez klinosztát kísérleteket. Tekintettel az új eszköz által kínálgató számos biológiai- és növénynevelési lehetőségre, kooperációs kutatásaink kiszélesítését tervezzük külső csoportok bevonásával.

NARANCSÁRGA BELSŐ LEVELŰ FEJESKÁPOSZTA ELŐÁLLÍTÁSA *B. Rapa* EREDETŰ MUTÁNS *CRTISO1* GÉNRE ALAPOZVA EMBRIÓMENTÉS MÓDSZERÉVEL

TÓTH-LENCSES A. KITTI¹, TARI ERIKA ANETT¹, CZINEGE DÓRA², KISS ERZSÉBET¹, SZÓKE ANTAL¹, PANCE MIKLÓS ÁLMOS¹, POLGÁRI DÁVID³ és GALLI ZSOLT²

¹Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gödöllő

²SYNGENTA Magyarország Kft., Ócsa

³HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

Napjainkra a fogyasztók körében egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek a funkcionális vagy szuper élelmiszerek, amelyeknek a fogyasztása az emberi egészségre különösen kedvező hatást gyakorol. A *B. rapa* eredetű *CRTISO1* narancs mutáns génre alapozott, belső leveleiben narancssárga fejeskáposzta előállítását Galli Zsolt káposztanemesítő fogalmazta meg. Embriómentés (ER) módszerével egy steril F₁ hibridet hoztunk létre, amely feltehetően spontán endomitózis következtében egy kromoszóma számban duplázódott fertilis oldalhajtást eredményezett, amelyet sikerült gyökereztetnünk és felnevelnünk. A génmanipulációs technikákat mellőző stratégiával létrehozott genotípus kedvelt szuperélelmiszernek számító fajtává léphet elő azokban az országokban, ahol a génmódosított fajták termesztését szigorúan szabályozzák. A nemesítési folyamat ebben a szakaszában folyamatos visszakeresztezéseket végzünk fejeskáposztával ER alkalmazásával, amiből jelenleg 5 db BC₄ csíranövényünk van. A BC₃ genotípusok közül (12 db) vizsgálatainkkal kizártuk azokat, amelyek nem hordozzák a narancs gént (4db) és amelyek a *B. rapa* eredetű A genomra jellemző fragmentumot mutatnak a COS markerekkel, illetve relatív genomméretüket tekintve a fertíl F₁-hez állnak közel, nem a káposztához (*B. oleracea*). Három értékes BC₃ hibridre (és utódaikra) koncentrálunk, fenotípusuk megfigyelése zajlik.

Kulcsszavak: káposztafélék, introgressziós nemesítés, embriómentés (ER)

PRODUCTION OF ORANGE-COLORED INNER-LEAFED CABBAGE USING EMBRYO RESCUE METHOD BASED ON MUTANT *CRTISO1* GENE DERIVED FROM *B. RAPA*

A. K. TÓTH-LENCSES¹, E. A. TARI¹, D. CZINEGE², E. KISS¹, A. SZÓKE¹, Á. M. PANCE¹, D. POLGÁRI³ and ZS. GALLI²

¹ MATE Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Szent István Campus, Gödöllő

² SYNGENTA Hungary Ltd., Ócsa

³HUN-REN CAR, Agricultural Institute, Martonvásár

Functional or superfoods are increasingly popular among consumers today, as their consumption is believed to have particularly beneficial effects on human health. The development of cabbage with orange internal leaves based on the *B. rapa*-derived *CRTISO1* orange mutant gene was formulated by cabbage breeder Zsolt Galli. Utilizing the Embryo Rescue (ER) method, a sterile F₁ hybrid was produced, leading to a fertile lateral shoot through spontaneous endomitosis. When rooted, this shoot represented a fertile individual presumably due to chromosome number duplication. The genotype created through a strategy that avoids genetic manipulation techniques, could potentially emerge as a popular superfood variety in countries where the cultivation of genetically modified varieties is strictly regulated. At this stage of breeding, backcrosses are being carried out using ER, resulting in 5 BC₄ seedlings currently. Among the BC₃ genotypes (12 in total), those lacking the orange gene (4) and those exhibiting a fragment characteristic of the A genome (*B. rapa*) with COS markers, and in terms of relative genome size, are close to the fertile F₁, not to cabbage (*B. oleracea*) have been excluded. The focus is now on three promising BC₃ hybrids, with close observation of their phenotypes.

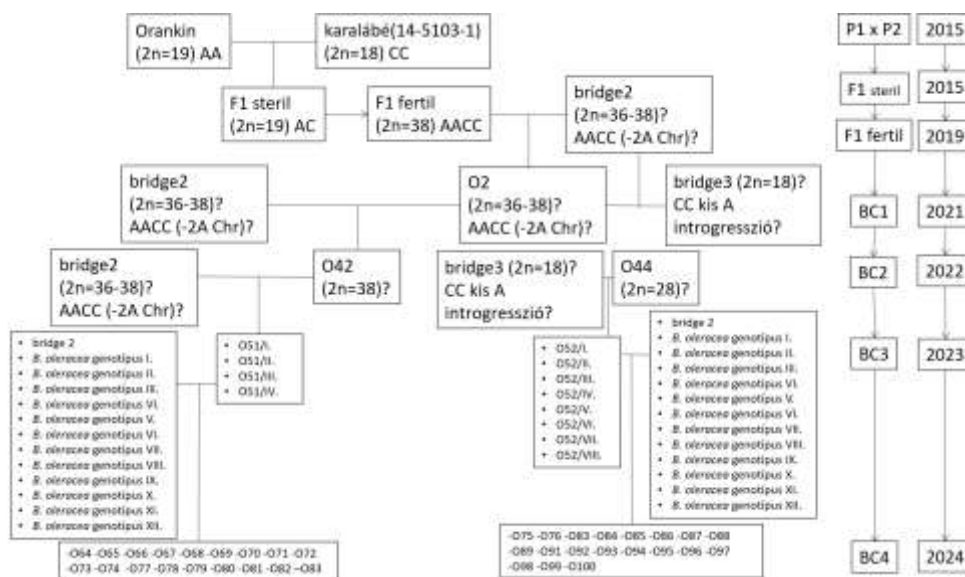
Keywords: *Brassicaceae*, introgression breeding, Embryo Rescue (ER)

Bevezetés

A káposztafélék a világ zöldségtermesztésének 10%-át adják, amivel világviszonylatban a 3. helyet foglalják el (*Gupta és Pratap 2007*). A keresztesvirágúak körében megtalálható szulforafán vegyület csökkenti a rák kialakulásának kockázatát, illetve bizonyítottan gyulladáscsökkentő és antioxidáns hatású (*Donaldson 2024*), így a káposztafélék rendszeres fogyasztása mindenkinek ajánlott. A szuperélelmiszerek olyan ételek, amelyek az emberek számára fontos tápanyagokat – vitaminok, ásványi anyagok és rostok – és vagy antioxidánsokat tartalmaznak. A narancssárga belső levelű fejeskáposzta létrehozásánál magától értetődőnek

tűnt, hogy a keresztezésben a narancssárga karfiol szolgáltatja a kívánt fenotípust kialakító gént (*Crisp et al.* 1975). Galli Zsolt káposztanemesítő megvalósította a fent említetteket, de nem a várt fenotípusos eredményt kapta, ugyanis a narancssárga szín a torzsában volt leginkább megfigyelhető, a levelekben csak kisebb mértékben. A kínai kel (*B. rapa*) esetén azonosított egyik változat narancssárga gazdaságilag hasznos belső levelekkel rendelkezik. Ezt a színmutánst (narancssárga) együtt vizsgálva a sárga változattal világossá vált, hogy egy gén felelős a fenotípus változásért. A mutáns *CRTISO1* gén számos SNP-t és InDelt hordoz (*Lee et al.* 2014), amelynek következtében a mutáns fehérje nem képes a lipopint össz-transz-likopinná alakítani, így a narancssárga kínai kel fajták belső leveleiben prolikopin raktározás történik (*Su et al.* 2015). Így a második elképzelés szerint a narancssárga belső levelű fejeskáposzta fajta – mint funkcionális élelmiszer – a kínai kel (*B. rapa*) eredetű mutáns *CRTISO1* gént fogja hordozni. Ennek alapja a tradicionális növénynevelési módszer, az introgressziós nemesítés – fajok közötti ivaros keresztezés – volt, tehát az így előállított egyedből nem származik génmódosított fajta, így a szigorú korlátozások alá eső termesztésbe is beilleszthető. A tulajdonság sikeres bevitelét a növényi biotechnológia egyik technikája, az embriómentés segítette, ami egy steril F₁ növényt eredményezett. Spontán endomitózis következtében a több éves vegetatív szaporítás során egy fertilis oldalhajtás jelent meg a steril növényen, ami legyökereztetve a fertil F₁ egyedét jelentette számunkra. A korai visszakeresztezők során olyan – korábban előállított – bridge növényeket használtunk fel, amelyek mind fenotípusosan mind genotípusosan átmenetet képeznek a *B. rapa* és *B. oleracea* között (1. ábra).

1. ábra A mutáns *CRTISO1* gén bevitelének keresztezési sémája (a kromoszómaszám, illetve az A vagy C kromoszómák a genomban, azaz a genomösszetétel hibridenként becsült érték, amelyeket flow citométeres mérésekre alapoztunk)



Ebben a szakaszában a nemesítésnek ivaros keresztezéseket és vissza-keresztezéseket végzünk el, majd az ebből származó BC₄ egyedeket (1. ábra) felneveljük ER alkalmazásával, illetve vizsgáljuk a BC₃ növényeket (12 db): A relatív genomméretük meghatározására flow citométeres méréseket végzünk, és COS markerekkel elemezzük mely genomokra (*B. rapa* – *B. oleracea*) jellemző DNS szakaszokat mutatják az egyes genotípusok, illetve a *CRTISO1* mutáns gén primerpárjaival szűrjük őket. Egy visszakeresztezés esetén ('O42' × 'Bridge2') – az utódai BC₃ hibridek- már teszteltük az ER mellett azt, hogy beérték-e a becőben a magok, bizakodó eredményt kaptunk, és 5db BC₃ magot fogtunk. Ezt most figyeljük meg a BC₄ hibrideket szolgáltató keresztezésekben, de az óvatosság miatt párhuzamosan végezzük az ER módszert is.

Anyag és módszer

Az előző ciklusban két különböző keresztezésből, az O51-ből és az O52-ből neveltünk fel összesen 12 különböző hibridet (O51/I., O51/II., O51/III., O51/IV. és O52/I., O52/II.,

O52/III., O52/IV., O52/V., O52/VI., O52/VII., O52/VIII.), amelyek a BC₃ populációnkat adják, és amiket magszülőként használtunk 10 héten keresztül a BC₄ utódokat eredményező keresztezésekben, összesen 37 féle kombinációban 20 féle pollen szülővel. A szülőnővényeknek kijelölt növényeket hűtőkamrába tartottuk 6 héten keresztül 4 °C-on és 75%-os relatív páratartalom mellett – vernalizáció – 12 órás pótmelegvilágítással, valamint a virágzás indukálására káliumban gazdag tápoldatot kaptak a növények. Heti rendszerességgel végeztük a keresztezéseket kézi beporzással, amíg az időjárás lehetővé tette. A becőket a keresztezéseket követően minimum 14 nappal gyűjtöttük be és a felületi fertőtlenítésüket követően felnyitottuk azokat, majd szilárd ER táptalajra helyeztük az éretlen magkezdeményeket. Csírázást követően a növények MS táptalajra kerültek.

A PCR vizsgálatokhoz a DNS-t fiatal levelekből NucleoSpin Plant II kit (Macherey Nagel) segítségével vontuk ki 12 BC₃ hibrid esetén. A narancs gén jelenlétének kimutatására a PCR-t Bra-OR primerpárral (Lee *et al.* 2014), a COS (Conserved Ortholog Set) markerek esetén összesen 4 szekvencia specifikus primerpárral (Jeong *et al.* 2014) végeztük, majd a fragmentumokat 1% EtBr-dal festett agaróz gélen választottuk el. Az *in vitro* kultúrában fenntartott két BC₃ egyed (O51/III. és O52/II.) és a referencia minták esetén flow citometria vizsgálatot végeztünk az alábbiak alapján: 1. sejtmagok izolálása: Nuclei Extraction puffer alkalmazásával (CyFlow® Space – Sysmex) minták bevagdosása éles pengével, 2. sejtmag szuszpenzió szűrése (CellTrics™), 3. festés (Staining puffer), 4. inkubáció, 5. mérés: CyFlow® jSpace (Sysmex) citométerrel, zöld lézer segítségével 532 nm-en, 6. genommet meghatározás: FloMax (Sysmex) szoftver segítségével.

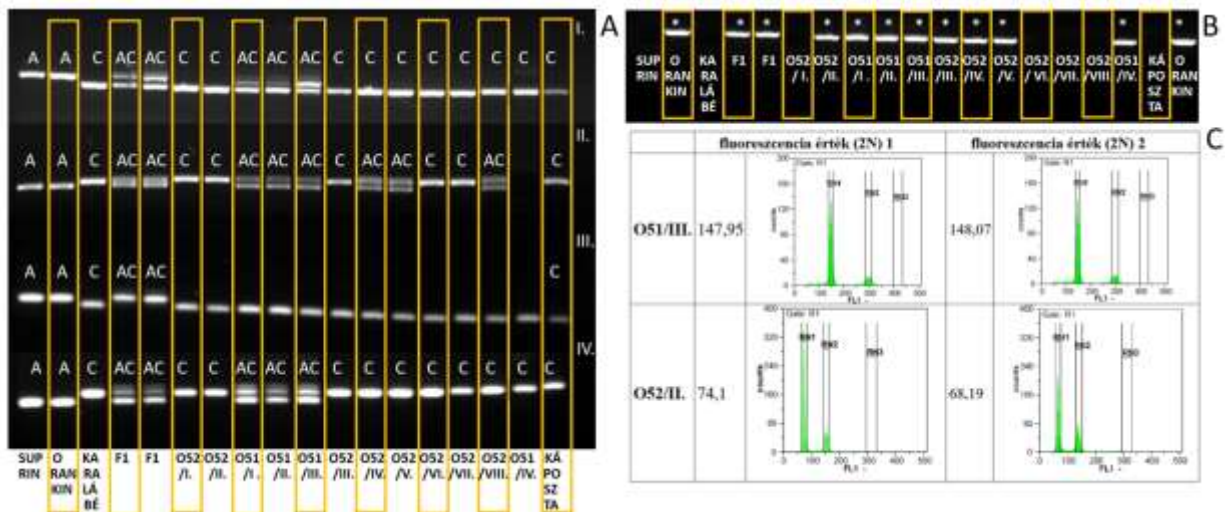
Eredmények

Tíz héten keresztül végeztük a keresztezéseket, amelyekből a laboratóriumba heti rendszerességgel érkeztek éretlen becők embriómentés céljából, hogy megelőzzük az abortálást és a keresztezésekből növényeket tudjunk felnevelni. Az összesen 37 végrehajtott keresztezésből 11 esetén fejlesztettek becőt az anyanővények, amik közül a felületi fertőtlenítést és kinyitást követően 9 eredményezett még nem abortált összesen 162 db magkezdeményt, amiket ER táptalajra helyeztünk. Öt különböző keresztezésből (O83, O86, O87, O94 és O96) származó BC₄ magkezdemény csírázott, azonban ez még egy folyamatban lévő kutatás, ennél sokkal többre számíthatunk, ugyanis korábbi megfigyeléseink szerint átlagosan 30 napra van szükség, hogy a csírázás meginduljon egy 14 naponan begyűjtött becőből származó magkezdemény esetén az ER táptalajon.

Kétféle DNS alapú vizsgálatot végeztük, amelynek eredményeit a 2. ábra A és B mutatja be. A BC₃ hibridek genomösszetételének elemzésére COS markerek közül négyet választottunk a vizsgálatokhoz, amelyek közül három (I., II., és IV.) az elvárt eredményt adta, miszerint az A (*B. rapa*) és a C (*B. oleracea*) genommal rendelkező genotípusokban egy-egy eltérő méretű szakasz szaporodik fel a PCR-ben, míg a *B. oleracea* × *B. rapa* = F₁ hibridben mindkettő (2. ábra A) – ez a magyarázata annak, hogy a COS III. markert kizártuk a vizsgálatból (két DNS szakasz helyett egyet kaptunk az F₁ esetén). A három COS marker alapján hat BC₃ (O52/I. O52/II., O52/III., O52/VI., O52/VII. és O51/IV.) csak az *B. oleracea* specifikus fragmentumot hordozza, így ebben a vizsgálatban ezek a növények a legjobbak. Eredményeink alapján az összesen 12 BC₃ egyed közül mind a négy O51-es egyed hordozza a narancs gént, míg az O52-es növények közül egyik fele igen (O52/II., O52/III., O52/IV. és O52/V.), a többi nem hordozza azt (O52/I., O52/VI., O52/VII. és O52/VIII.) (2. ábra B). Így nyolc BC₄ egyedre (4 db O51 és 4 db O52) koncentrálnak, míg a többi, ami a narancs gént nem hordozza kizártuk a további kísérletekből.

A flow citometria analízist két BC₃ növényenél végeztük el, amit a 2. ábra C szemléltet. Jól megfigyelhető, hogy az O52/II.-es egyed relatív genommérete fele az O51/III.-as egyedének. A vizsgálatok jelenleg is zajlanak. Ha ezt az eredményt együtt vizsgáljuk a COS markerekével, azaz az A gélképpel (2. ábra) megállapíthatjuk, hogy a kétszeres relatív genomméretet mutató egyed (O51/III.) mindkét genomra jellemző fragmentumot hordozza a három COS markerrel (A: I., II., és IV.), míg a feleannyi relatív genomméretű csak a C genomra jellemzőt. A nemesítés következő lépésében azokat a hibrideket vesszük tovább, amelyek a narancs gént tartalmazzák, illetve 18 kromoszómával és C genommal rendelkeznek. Amennyiben a BC hibridek keresztezhetővé válnak káposzta (*B. oleracea*) genotípusokkal, úgy a kromoszómaszámuk is „beállt/megállapodott”, azaz az ER módszer elhagyható. Az eredményeket összesítve három értékes BC₃ hibridre (és utódaikra) koncentrálnak (O52/II., O52/III., és O51/IV.), fenotípusuk megfigyelése zajlik.

2. ábra DNS alapú vizsgálatok (A és B): a fragmentumok 1%-os EtBr festett agaróz gélen vannak elválasztva (A: COS/I., COS/II, COS/III, COS/IV.) (B: A mutáns narancs gén jelenlétének kimutatására, a *-gal jelölt genotípusok hordozzák a keresett gént), illetve flow citometriás eredmény a BC₃ populáció két egyede esetén (C).



Köszönetnyilvánítás

A munkát a MATE-K/3037-7/2023 kódszámú program támogatta.

Irodalom

- Crisp, P. et al. (1975): A mutation affecting curd colour in cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* DC). *Euphytica* **24**, 173–176.
- Donaldson, M. S. (2004): Nutrition and cancer: A review of the evidence for an anti-cancer diet. *Nutrition Journal*, **3**, 19.
- Gupta, S. K., Pratap, A. (2007): History, origin and evolution. *Advances in botanical research-rapeseed breeding*. Springer. Berlin. **464**, 1–20.
- Jeong, Y. M., Chung W. H., Chung H., Kim N., Park B. S., Lim K. B., Yu H. J., Mun J. H. (2013): Comparative analysis of the radish genome based on a conserved ortholog set (COS) of Brassica. *Theoretical and Applied Genetics*. **127**, 1975–1989.
- Lee, S., Lee, S., Byun, D. H., Lee, D. Y., Park, J. Y., Lee, J. H., Lee, H. O., SunG, S. H., Yang, T. (2014): Association of molecular markers derived from the *BrCRISTO1* gene with polycopene-enriched orange-colored leaves in *Brassica rapa*. *Theoretical and Applied Genetics*, **127**, 179–191.
- Su, T., Yu, S., Zhang, J. W. F., Yu, Y., Zhang, D., Zhao, X., Wang, W. (2015): Loss of Function of the Carotenoid Isomerase Gene *BrCRTISO* Confers Orange Color to the Inner Leaves of Chinese Cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). *Plant Molecular Biology Reporter*, **33**, 648–659.

**A MÁLNA VESSZŐSZÚNYOG (*Thomasiniana theobaldi*) ÉS A MÁLNA
KARCSÚ DÍSZBOGÁR (*Agrilus aurichalceus*) GUBACSOKBÓL ÉS
LÁRVÁIKBÓL IZOLÁLT ENDOFITA BAKTÉRIUMTÖRZSEK ÁLTAL
KIBOCSÁTOTT ILLÉKONY SZERVES VEGYÜLETEK HATÁSA
BODZA (*Sambucus nigra*) HAJTÁSTENYÉSZETEKRE *IN VITRO*
Tóthné Hortó Annamária^{1,4}, Preininger Éva Ágnes², Felföldi Tamás³, Kollányi Gábor²,
Kirilla Zoltán², Szabó Luca Krisztina², Kutasi József⁴**

^{1,4}Arundo Bioenergy Kft., Budapest.

²MATE Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont, Budapest, Sarród

³ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Mikrobiológiai Tanszék, Budapest

⁴MATE Növénytudományi Doktori Iskola, Gödöllő

Málna (*Rubus idaeus*) gubacs vesszőszúnyog (*Thomasiniana theobaldi*) és a málna karcsú díszbogár (*Agrilus aurichalceus*) gubacsából és lárváiból izolált baktériumtörzsek hatását vizsgáltuk bodza hajtástenyészetek fejlődésére *in vitro* körülmények között, ahol a standard Holobiont koncepció szerint a növényi levél-, szár-, gyökér- szövetekben általánosan megtalálható *Phyllobacterium*, *Pseudomonas*, *Bacillus* vagy *Herbaspirillum* baktériumokkal is kokultiváltunk mikroszaporított bodza hajtástenyészeteket az izolált törzseken túl. Vizsgáltuk a baktériumok növényi növekedés serkentő hatását, feltételezhetően az általuk kibocsátott illékony szerves vegyületek (Volatile Organic Compounds-VOCK) indukciós kapacitását. Távolabbi cél a VOC vegyületek hatásainak kimutatásán túl, azok azonosítása is. A málna gubacs vesszőszúnyog és a karcsú díszbogár gubacsából és a lárváiból felületi fertőtlenített körülmények között baktériumokat izoláltunk és tisztítottunk, majd 16S rRNS gén szekvencia elemzése alapján azonosítottuk őket. A vizsgálatokhoz törzsgyűjteményből rendelt endofita *Herbaspirillum* és *Phyllobacterium* törzseket is felhasználtunk. A kisméretű petricsészékben felszaporított baktériumtenyészeteket nagyobb tenyészedényben a mikroszaporított bodza (*Sambucus nigra*) hajtások közé helyeztük fedetlenül, majd hermetikusan lezártuk a közös gáztérbe helyezett "kokultivált" *in vitro* tenyészeteket. 30 nap után megvizsgáltuk a baktériumtörzsek pozitív vagy gátló hatását: a növények méretét, szaporodási rátáját, a szaporulatok méretét, a hajtások esetleges kalluszosodását. Az eredmények szerint a kontroll, baktérium-mentes agar petricsészékkel együtt nevelt növényekhez képest a standard endofita törzsek, mint a H1st *Herbaspirillum sphaerocidae* és a P1st *Phyllobacterium myrsinacearum* etiolált, megnyúlt, de hamar előregedő hajtásokat eredményezett, a levéllemez pedig tipikusan klorózisos tüneteket mutatott. Oldalhajtásokat nem, vagy csak csekély mértékben hozott, illetve kalluszosodás sem történt. Az általunk izolált törzsek közül a H2 törzsnél világos, megnyúlt hajtások voltak észlelhetőek, minimális szaporulat jellemezte, illetve ugyancsak nem történt kalluszosodás. Az 1-es jelű törzs esetén szignifikáns hatást nem tapasztaltunk. Az 5/2-es törzs meglepő módon gátolta a növekedést, kevés oldalhajtást, illetve vékonyabb, törékenyebb szárat eredményezett a kontroll növényhez képest. A P3 törzs esetén ugyanakkor szignifikánsan erősebb, kompaktabb szárat és több oldalhajtást kaptunk. Ezek alapján kijelenthetjük, hogy feltételezhetően növényi növekedést serkentő VOCK kibocsátására ez a P3 törzs bizonyult a leghatékonyabbnak. Az 5/2-es törzs esetében pedig a gátló hatású VOC kibocsátás is meglepő, és további vizsgálatokra érdemes. Mivel a baktérium tenyészetek nem kerültek közvetlen érintkezésbe a növényi szövetekkel, ezért feltételezzük, hogy csak a baktériumok által a gáztérbe kibocsátott illékony szerves vegyületek okozhatják a tapasztalt hatásokat, amit a későbbiekben az *in vitro* tenyészek légköréből vett gázminták GC-MS/MS vizsgálataival kívánunk igazolni. Természetesen a módszert folyamatosan finomítva, többszöri megismétléssel kaphatunk majd végleges válaszokat.

A BÚZA HARMADLAGOS GÉNFORRÁSÁHOZ TARTOZÓ *Aegilops caudata* BEVEZETÉSE A MARTONVÁSÁRI ELŐNEMESÍTÉSBE

Türkösi Edina¹, Kruppa Klaudia¹, Szakács Éva¹, Farkas András¹, Gaál Eszter¹, Ivanizs László¹, Szóke-Pázsai Kitti¹, Kovács Péter¹, Iaria Marcotuli², Agata Gadaleta², Molnár István¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²University of Bari Aldo Moro, Bari, Olaszország

A kenyérbúza terméspotenciáljának növelése nagy kihívást jelent a nemesítés számára, mind a klímaváltozás negatív hatásai, mind pedig a termőterületek csökkenése miatt. Ennek oka, hogy a búza génállományában hiányzik a genetikai variabilitás, amely a klímaváltozáshoz alkalmazkodó, nagyobb hozamú, betegség-ellenálló búzafajták nemesítésére felhasználható.

A búza rokonsági körébe tartozó vad fajok nagy genetikai diverzitással rendelkeznek, amelyet a nemesítési programokban ki lehet használni genomjuk hasznos tulajdonságokat hordozó szegmenseinek búzába történő beépítésével (idegen fajú introgressziók). Az *Aegilops caudata* L. [syn. *Ae. markgrafii* (Greuter) Hammer], a búza diploid vad rokona ($2n = 2x = 14$, CC) a Földközi-tenger északkeleti medencéjében őshonos, fő elterjedési területe Görögországtól Észak-Irakig. Az *Ae. caudata* számos betegség-rezisztenciagént hordoz, mint például a levél-, sárga- és szárrozsdával, lisztharmattal-, valamint különböző rovarok által (gabona-levéltetű, hesszeni légy) terjesztett betegségekkel szemben ellenállóságot biztosító gének. Ezen túlmenően az *Ae. caudata* egyes tételei toleranciát mutatnak az abiotikus stresszekkel szemben, például fagy- illetve sótűrők. Hasznos genetikai potenciállal rendelkezik kiemelkedő táplálkozási tulajdonságait tekintve (élelmirost-tartalom). A közelmúltban az *Ae. caudata*-t még nem alkalmazták széles körben a búza előnemesítési programjaiban, mivel a búza háttérben nem lehetett azonosítani a C-genomi kromoszómákat, nem volt ismert a C genom szerveződése, valamint a búza és az *Ae. caudata* kromoszómák közötti homeológia. Mindez hátráltatta az *Ae. caudata* genetikai adottságainak felhasználását a búzanemesítésben.

Az olaszországi Bari Egyetem kutatóival együttműködve a martonvásári Génmegőrzési Csoport munkatársai célul tűzték ki az *Ae. caudata* genetikai potenciáljának kiaknázását búza/*Ae. caudata* introgressziós vonalak előállításával, majd az újonnan előállított genetikai vonalak fenotipizálásával és gentotipizálásával. Az 'Alcedo' \times *Ae. caudata* keresztezésből és kolchicinkezeléssel létrehozott amphidiploidot az olaszországi egyetem munkatársai bocsátották rendelkezésünkre. A búza és *Ae. caudata* kromoszómakészleteit hordozó genotípust üvegházban, majd szántóföldi kísérletek során kereszteztük az 'Alcedo' búzafajtával és az 'Mv9kr1' *ph* mutáns genotípussal a donor faj kromoszómáinak csökkentése, illetve kromoszómaátrendeződések indukálása céljából. A martonvásári Tükrös tenyészkertünkben 2023-ban legalább hat különböző BC₁F₃-BC₂F₂ genetikai vonalat azonosítottunk, amelyek a szántóföldi spontán rozsdafertőzésekkel (levél és/vagy sárgarozsda) szemben rezisztenseknek bizonyultak. A genetikai vonalak citogenetikai elemzése kimutatta, hogy a vonalak kromoszómaszáma 42-44 és jelen van 1-2 idegenfajú kromoszóma. A Bari Egyetem kutatói az introgressziós vonalak β -glükán-tartalmát és fuzárium-rezisztenciáját fogják vizsgálni.

Kutatásainkat az OTKA FK145848 és a TKP2021-NKTA-06 számú pályázata támogatta.

A BODZATERMESZTÉS JÖVEDELMEZŐSÉGÉNEK JAVÍTÁSA KORAI ÉRÉSŰ, MAGAS SZÍNANYAG-TARTALMÚ ÚJ FAJTÁVAL

Varga Jenő, Gombkötő Csilla, Kollányi Ágnes, Kollányi Gábor

MATE GYKK Fertődi Kutatóállomás, Sarród

A bodza egyik legfontosabb felhasználási lehetősége színezőanyagként történő hasznosítása. Az élelmiszerek meghatározó alkotóeleme a színanyag, mely a fogyasztói társadalom számára akkor értékes igazán, ha nem kémiai eredetű, hanem természetes alapanyagként kerül a termékhez. Színanyag, élelmiszerfesték több gyümölcs és zöldség alkotóeleme is lehet, ezért kerülhet bele a cékla, a szőlő, a fekete ribiszke mellett a fekete bodza is a felsorolásba. A megvásárolt élelmiszereknél a döntés során jelentős szerepet tulajdonítanak a vevők a látványnak, a boltok polcáiról a termék kiválasztásánál kiemelt helyen tartják számon az áru színét. Ezen tulajdonság ismerete volt az egyik cél, mely mentén végeztük mi is sok éven át tartó szelekciós munkánk, keresztezési programunk.

Nemesítési feladatainkban a MATE KERTI GYKK Fertődi Kutatóállomásán a bogyógyümölcsök között a 2000-es évek elejétől, a 'Haschberg' honosításától indítva (1998) fontos szerepe van a bodza fajtakutatásnak, begyűjtésnek, keresztezésnek és szelekciónak. A munka eredményeként 2022-ben állami elismerésre sikerült bejelentenünk egy új ígéretes fajtajelöltet a 'Fertődi alfa' néven kiemelt hibridünket. A fajtabejelentésnek úgy éreztük komoly jelentősége van, mivel a hazai bodzatermesztők ma még kizárólag a 'Haschberg' fajtát telepítik, és ennek a termékbiztonságra és az értékesítésre nézve is jelentős kockázata van. Az új fajtajelölt előállításával a gyümölcsminőség javítása, a koraiság növelése és a kiegyenlített termésmennyiség biztosítása volt a célunk.

A 'Fertődi alfa' pedigrijében a dán fajtacsoport és Kárpát-medence ökorégió vad szelekciója is szerepelt. Első alkalommal 15 kombinációban végeztünk tesztkeresztezéseket, melyeket az F₂ generációban, ígéretes kombinációkban újra megismételtünk. Végül a magoncpopulációk 43 egyedéből létesítettünk 3 ismétléses összehasonlító kísérletet, mely kiértékeléséből született az állami elismerésre bejelentett 'Fertődi alfa'.

A 'Fertődi alfa' érésben egy héttel megelőzi a sztenderd 'Haschberg' fajtát, ami lehetővé teszi a szüreti szezon széthúzását, és a termelők piaci helyzetének javítását. A korai érés magasabb árat, és biztosabb értékesítést tesz lehetővé. Bejelentett tételünk jobb termékbiztonságot és -mennyiséget biztosít a vizsgált fajtákhoz képest, évről-évre kiegyenlítően terem, termésmennyisége szignifikánsan 4%-kal meghaladta a sztenderd fajtáét. A gyümölcs színanyag-tartalma a 'Haschberg' és a 'Sampo' fajtaénál is nagyobb, továbbá előrelépés a biotikus és abiotikus stressztényezőkkel szembeni ellenállóképesség javításában.

A KÉK- ÉS A TÁVOLI VÖRÖS FÉNY KÖLCSÖNHATÁSA AZ ŐSZI ÁRPA FÉNY-INDUKÁLT FAGYTŰRÉSÉNEK KIALAKÍTÁSA SORÁN

Zahra Tahmasebi^{1,2}, Pálmai Tamás¹, Farkas Zsuzsanna¹, Ahres Mohamed¹, Galiba Gábor^{1,3}, Borbély Péter¹

¹HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

²MATE, Festetics Doktori Iskola, Keszthely

³MATE, Agronómia Tanszék, Keszthely

Hideg akklimatizáció során (általában 2-7 hét) az őszi gabonák fagyűrése megnő. Bár már egy rövidebb hidegkötés is beindíthatja az edződési folyamatot, amely részben növeli a fagyállóságot. Új tudományos eredmény, hogy nem csak az alacsony vörös:távolivörös (V:Tv) arányú fehér fény (F), hanem a kék fény hozzáadása a Tv dúsított F fényhez (F+Tv) tovább fokozhatja az árpa fagyűrő képességét mesterséges környezetben, azonban a kék fény viszonya a távoli vörös fényvel a folyamatban nem világos. A jelenség gazdasági kiaknázhatóságának lehetőségét meghatározza a háttérben meghúzódó molekuláris folyamatok tisztázása. Ennek megfelelően a munkánk során 2 hetes ősziárpa-növényeket (cv. 'Nure') különböző szinképű LED fényvel világítottuk meg mesterséges környezetben: fehér fény (F, kontroll), távoli vörössel dúsított fehér fény (F+Tv), kézzel dúsított fehér fény (F+K) vagy kézzel és távoli vörössel bővített (F+Tv+K). A kék-fény kiegészítésekhez különböző emissziós csúcsokkal rendelkező LED-eket használtunk 410 nm [K₄₁₀] és 450 nm [K₄₅₀] külön-külön a kék fény hullámhossz-függő hatásának vizsgálatára. A kísérleteket különböző hőmérsékleten: 15 °C és 5 °C, a mintavételeket különböző időpontokon: 6. óra (a fény bekapcsolásától számítva), 10. nap (15 °C); 6. óra és 7. nap (5 °C) végeztük.

A fagyasztási tesztek követően, az árpanövények fagyállóságát a desztillált vízben áztatott levélszegmenseknek a víz áramvezető képességére gyakorolt hatása alapján (konduktivitás) állapítottuk meg, mely jól mutatja a szövetek károsodásának mértékét. Emellett megvizsgáltuk a különböző fényreceptor-, valamint kapcsolódó gének kifejeződési mintázatát is qPCR segítségével. Ahogyan várható volt, a Tv-dúsítás csökkentette a fagykárt az árpa levélszegmensekben, azonban a F+Tv+K₄₅₀-kezelés esetében ez elmaradt. 5 °C-on a F+Tv+K₄₁₀ jelentős fagyűrő képesség növekedést eredményezett, ugyanakkor a F+Tv+K₄₅₀ kiegészítés esetében ez nem volt megfigyelhető, valamint a távoli vörös hatást is negálta. Amennyiben a fénykezelésekből a távoli vörös fényt elhagytuk, a kék fény dúsítás pozitív hatása is eltűnt, sőt, kifejezetten csökkentette a fagyűrést. A különböző fénykezelések a különböző fényreceptor csoportok gén-kifejeződését aktiválták, vagy gátolták. Az eredmények bepillantást engednek a megfigyelt jelenség molekuláris szabályozásába, mely később felhasználható lehet a molekuláris nemesítés során.

A kutatásokat az NKFIH hivatal OTKA PD139131 és K147019, valamint a TKP2021-NKTA-06 projektek finanszírozták.

KAJSZI ALANYOK ÉS NEMESEK NÖVEKEDÉSE

Mendelné Pászti Edina, Mendel Ákos

MATE, Kertészettudományi Intézet, Ceglédi Kutatóállomás

Vizsgálataink célja a sárgabaracktermelés stabilitásának és jövedelmezőségének felmérése a változó éghajlathoz jobban alkalmazkodó alany- és oltványfajták kiválasztásával. Összehasonlító kísérleteket fogunk végezni, hogy átfogó ismereteket szerezzünk, beleértve a vegetatív és generatív fejlődésre, életképességre és pusztulásra gyakorolt hatásukat az új ültetvényekben. A kísérletben randomizált blokkos elrendezésben hat alany és 16 kajszibarack alanyfajtát alkalmaztunk, így összesen 960 fát ültettünk el 3 x 5 méteres távolságban. A túlélési arányt az eredetileg ültetett fák százalékában fejezték ki az egyes kombinációk esetében. Megállapítható, hogy az erőteljes növekedésű alanyok, mint a "Montcar" és a "Rootpac R", jobban alkalmazkodnak a magyar alföldi éghajlati és talajviszonyokhoz, mint a mérsékelt növekedési képességű alanyok, mint a "Fehér besztercei" és a "Wavit". Ez a különösen erőteljes gyökernövekedésüknek köszönhető, amely segíti az ültetvény állapotának fenntartását.

