

# NÖVÉNYNEMESÍTÉSI TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁG

## Összefoglaló

Az elmúlt évtizedek technológiai fejlesztései az agráriumot is elérték, a GPS alapú precíziós gazdálkodás, és döntés-előkészítő modellek fokozatos alkalmazása a növénytermesztésben jelentősen növelheti a termesztés hatékonyságát. Mindez az előrehaladás azonban hiábavaló, ha nem egészíti ki a termesztés biológiai alapjainak fejlesztése. A növénynemesítés célja a folyamatosan változó környezeti elemekhez és fogyasztói igényekhez jobban igazodó új növényfajták és hibridek előállítására, amelyek e szempontok mellett még gazdaságosan és környezet-kímélő módon is termesztethetők. A klímaváltozás és a népességnövekedés tükrében a növénynemesítési tevékenység még jobban felértékelődik, mivel sokkal rövidebb idő alatt kell a jobb alkalmazkodó képességű fajtákat előállítani. A növénynemesítés komplex tevékenység. Sikerességének biztosítéka az alapvető kutatási eredmények célirányos beépítése a nemesítési fejlesztőtevékenységbe. Ezek együttesen képezik azt az innovációt, amelynek eredményeképp megszületik egy új növényfajta.

A magyar kertészeti és szántóföldi növénynemesítés évszázados hagyományokra tekint vissza, számos híres fajtát és módszertani újítást felvonultatva. Gondoljunk csak a Bánkúti 1201 búzafajtára, az Érdi bőtermő meggyfajtára, vagy a hibridkukorica és a tritikálé nemesítésére. Az elmúlt 30 év jelentős változásokat hozott a magyar mezőgazdaság tulajdoni-, termelési és értékesítési rendszereiben. A magyar növénynemesítők helyzetét tovább nehezítette az, hogy a fajtaelőállítás tevékenység megmértetése nemzetközi környezetbe került, miközben a finanszírozási rendszerek kiszámíthatatlanabbá váltak. E nehézségek ellenére a magyar növénynemesítés az elmúlt 30 évben is számos kiemelkedő eredményt ért el, amelyeket az MTA Növénynemesítési Tudományos Bizottsága 2019-ben egy jubileumi könyvben gyűjtött össze és jelentetett meg (1). E könyvből szemezgettünk az itt közreadott fejezetben.

## Kulcsszavak

Termesztett szántóföldi és kertészeti növényfajok nemesítése, biológiai alapok változékonysága, növényi molekuláris nemesítés és genetika, precíziós nemesítés, organikus nemesítés, nagy áteresztőképességű szelekciós módszerek, alkalmazott biotechnológiai módszerek, klíma adaptáció és fenntarthatóság, abiotikus és biotikus stressz rezisztencia nemesítés, beltartalmi tulajdonságok.

## Szántóföldi növények nemesítési kutatásai

Az ATK MGI és jogelődjeinél korábban Bedő Zoltán és Láng László, jelenleg pedig Vida Gyula irányításával működő martonvásári kalászos gabona nemesítési program tevékenysége eredményeként 8 fajból 127 fajta, köztük 92 őszi búzafajta elismerésére került sor az elmúlt 30 évben [1-3]. A búzafajták jelenleg is piacvezetők Magyarországon, emellett 20 országban tesztelték és/vagy termesztették ezeket az elmúlt években. Bevezették a molekuláris markerszelekciót a biotikus és abiotikus stressz-rezisztencia javítására irányuló nemesítésben [4]. A gabona génbank és az organikus nemesítés elindításával hozzájárultak a búzafajták genetikai bázisának és alternatív hasznosítási lehetőségének bővítéséhez [5]. A Kukoricánemesítési Osztály (Szundy Tamás, Marton Csaba, Hadi Géza és Pintér János) által nemesített kukorica hibridek közül az elmúlt 30 évben 135 részesült állami elismerésben, az EU-ban és azon kívül [6]. Vetésterületük meghaladja a 10 millió ha-t. Az új fajták előállításához felhasználják a legújabb nemesítési módszereket (DH, MAS) és kutatási eredményeket [7]. Az új hibridek biotikus és abiotikus stresszekkel szemben kiváló ellenálló képességgel rendelkeznek, termőképességük és beltartalmi minőségük kiemelkedő [8, 9].

A GK Kft és jogelődjeiben (GKI, GK Kht.) 22 szántóföldön termesztett növényfaj kutatása, nemesítése és vetőmag forgalmazása történik (10). Az utolsó 30 évben 201 államilag elismert fajta és hibrid született, amiből jelenleg 123 szerepel a magyarországi fajtalistákon, míg külföldön a fajtaelismerések száma 81 volt. Szabadalomban vagy fajtaoltalomban részesült fajták száma 140, ebből jelenleg is oltalommal védett 62. A nemesítési törzsek jellemzését és a szelekciót saját fejlesztésű komplex stressz diagnosztikai rendszer, és egy automata esőárnyékoló berendezés segítségével is végzik [11-13]. A nemesítési folyamat gyorsítása érdekében az *in vitro* DH módszert öt növényfaj esetében használják [14, 15]. A szem és lisztminőséggel kapcsolatos módszerfejlesztések kiemelt szempontok a szegedi kalászosok szelekciójában [16, 17].

A Kaposvári Egyetem Takarmánytermesztési Kutatóintézetében sikeres napraforgó és szójanemesítést folytattak. Tanulmányozták a kaszattermés kialakulásának folyamatát növekedés analízissel és molekuláris markerekkel [1, 18].

Az Eszterházy Károly Egyetem Fleischmann Rudolf Kutatóintézete elmúlt 30 évének legjelentősebb kutatási eredményei közé tartozik számos őszi árpafajta, és külföldön is termesztett kender és lucernafajta előállítás [1, 19].

A DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézete meghatározó szerepet tölt be a jó adaptív képességű alternatív cereáliák (köles, mohar, fénymag, pohánka), a zöldítésben alkalmazható növényfajok (olajretek, pohánka, csillagfürt, bükköny), valamint a humán fogyasztásra alkalmas magpillangósok (lencse) nemesítésében. A Karcagi Kutatóintézet növénynemesítési és fajtafenntartási kutatócsoportja jelentős eredményeket ért el a Nagykunság szélsőséges agroökológiai feltételeihez alkalmazkodó őszi kalászos és egyéb alternatív növények tájfajtáinak nemesítésében, különös tekintettel a szárazság- és sótűrésre [1].

A SZIE Genetikai és Biotechnológiai Intézetében állították elő az első biotechnológiai úton nemesített növényfajtát hazánkban: Simonné Kiss Ibolya, Heszky László és Budai Sándorné: 'Dáma' rizsfajtája húsz éven keresztül a legnagyobb területen termesztett fajta volt [20]. E jelentős eredményt a Mezőgazdasági Biotechnológiai Tudományos Bizottság ismerteti részletesen.

A Mosonmagyaróvári Kar nemesítői gabonafélék (búza, tönköly, és tritikálé), kertészeti kultúrák (sütőtök, mustár), szál- és abrakarmányok (görögszéna, lucerna, komócsin) és étkezési hüvelyesek (lóbab, borsó, szója, bab) fajtaelőállításában, termesztéstechnológiájuk és hasznosíthatóságuk kidolgozásában vettek részt [1].

Magyar magán nemesítés 154 helyen folyik, eredménye jelenleg 806 fajta. Fleischmann Rudolf – díj elismerésben részesültek: Samir Rady, Márk Gergely, Tóth Sándorné, Kajdi Ferenc, Orlóczy László, Csilléry Gábor, Kruppa József, Barabits Elemér, Ruskó József [1].

## **Kertészeti növények nemesítési kutatásai**

A NAIK Gyümölcs és Dísznövénytermesztési Kutató Intézetében, Érden Apostol János és munkatársai cseresznye és meggy nemesítés terén értek el jelentős sikereket. Fertődön Porpáczy Aladár, Kollányi László és munkatársai foglalkoztak intenzíven a bogyós gyümölcsűek nemesítésével, ribiszke, málna, szeder, szedermálna, szamóca, fekete berkenye fajtáik kaptak állami minősítést [1].

A Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetemen és jogutód intézményeiben működő növénynemesítési műhelyekben – Bernáth Jenő, Tóth Magdolna, Pedryc Andrzej és Schmidt Gábor vezetésével – környezet- és költségkímélő termesztésre alkalmas és az egészségvédelem szempontjából kiemelkedő értékű gyógynövény- és gyümölcsfajták, valamint dísznövények sorával gazdagították a fajtaválasztékot [1, 21 – 23].

A PTE Szőlészeti Borászati Kutatóintézet nemesítői több borszőlő klón és rezisztens fajta előállításában vettek részt. Az intézet szőlő génbankja európai jelentőségű [1, 24].

A Pannon Egyetem Georgikon Kar Kertészeti Tanszékén Id. és Ifj. Kovács János, vezetésével folyt sikeres paprikanemesítés. A szőlőnemesítési programban Bakonyi Károly és Kocsis László vezetésével számos borszőlő alanyt, és fajtát állítottak elő. Kiemelkedő eredményeket értek el a szőlőgyökértetű biológiájának és az alanyok ellenállóságának kutatásában. Iváncsics József és Kocsisné Molnár Gitta a körtefajták virágzásbiológiája és a tájfajták értékelése terén végeztek eredményes munkát [1, 25, 26].

A Pannon Egyetem Burgonyakutatási Központjában Polgár Zsolt és kollégái kiemelkedő eredményeket értek el a burgonyatermesztés hatékonyságát, környezeti és élelmiszerbiztonságát jelentősen növelni képes fajták előállítására terén, amelyekben sikeresen ötvözték a vad burgonya fajokból származó rezisztenciákat a termesztett burgonya kiváló termőképességi és minőségi jellemzőivel [1, 27].

## **Növénynemesítést megalapozó és alkalmazott kutatások**

Az ATK MGI és jogelődjeinél folyó előnemesítési programban Lángné Molnár Márta csoportja a búzával rokon fajokból molekuláris genetikai és citogenetikai módszerekkel épített be kedvező agronómiai tulajdonságokért felelős kromoszómákat, kromoszóma szakaszokat a termesztett búzába [28]. Veisz Ottó és munkatársai a klímaváltozás kedvezőtlen hatásainak csökkentését elméleti és gyakorlati oldalról megközelítő, az adaptáció lehetőségét vizsgáló, a növényi rezisztenciát középpontba állító kutatásaival nemzetközi szinten is kiemelkedő eredményeket értek el [29, 30]. Karsai Ildikó és munkatársai fontos felfedezéseket tettek a télállóság, kalászolási idő és környezeti adaptáció genetikai komponenseinek vizsgálata terén [31, 32]. Rakszegi Marianna és munkatársai úttörő kísérleteket végeztek a búza sütőipari és táplálkozási minőségét meghatározó összetevők (tartalékfehérjék, rostanyagok, keményítő és bioaktív komponensek) diverzitásának vizsgálatával [33, 34]. Marton Csaba vezette kukorica hidegtűrési kutatások hozzájárultak igen korai érésű, hidegtűrő kukorica hibridek előállításához, melyek segítették a kukorica észak-európai terjedését [35].

A GK Kft. és jogelődjeinél Mesterházy Ákos és munkatársai nemzetközileg is kiemelkedő eredményeket értek el a búza és kukorica toxintermelő gombáival szembeni ellenállóság növelésében [36, 37], igazolták, hogy az ellenállóság a legfontosabb toxinszabályozó tényező [38, 39]. Pauk János és munkatársai kidolgozták több gabonafaj *in vitro* androgenezis módszerét homozigóta vonalak és fajták előállítására [40], valamint jelentős eredményeket értek el az abiotikus stresszkutatás terén a komplex stresszdiagnosztikai vizsgálatok fejlesztésével [41].

Az MTA-MBK-SZIE Mykológiai Kutatócsoportja molekuláris diagnosztikai módszereket fejlesztett ki a gabonafélék kalászhervadását okozó, mikotoxin-termelő *Fusarium*-fajok gyors kimutatására. Európa öt országában, köztük hazánkban folytatott többéves felmérések alapján járványmodelleket dolgoztak ki, amelyek segítségével megvalósítható a fungicid-kezelések pontos, környezetkímélő időzítése [42 – 45].

A DE AKIT növénybiotechnológiai kutatócsoport számos növényfajra (burgonya, borsó, napraforgó stb.) dolgozott ki hatékony *in vitro* szaporítási technológiákat, illetve eljárásokat *in vitro* szelekció alkalmazására különböző biotikus és abiotikus stresszekkel szemben [46].

A SZIE Genetika és Biotechnológiai Intézet Növénynemesítési Csoportjában Hajósné Novák Márta elsőként dokumentált pontmutációkat okozó transzpozon tevékenységet izoenzimekkel tetraploid kukorica szinten [47]. A Molekuláris Növénynemesítés csoport Heszky László és Kiss Erzsébet irányításával, Kozma Pállal közösen genotipizálta a Kárpát-medencében őshonos, köztermesztésben levő vagy génbanki szőlőfajtákat, marker alapú szelekciót alkalmaztak szőlő lisztharmat és peronoszpóra-rezisztencia előrejelzésére, valamint lisztharmat-indukálta géneket azonosítottak [48, 49].

A Pannon Egyetem Georgikon Kar Növénytudományi és Biotechnológiai Tanszékén Hoffmann Borbála vezetésével különböző növényfajokban azonosítottak fokozott víz és tápanyag-hasznosító képességű fajtákat [30, 50]. Taller János kutatócsoportjának munkája alapján a burgonya vírus-rezisztencia genetikai hátterének megismerését több tanulmányban közölték [51].

## Hivatkozások

- [1] Bedő Z, Bóna L, Karsai I, Kruppa J, Matuz J, Oláh IA, Polgár Z, Veisz O (eds.) (2019): *A magyar növénynevelés eredményei az ezredfordulón (1990–2018)*. Agroinform, Budapest, p. 309.
- [2] Bedő, Z, Láng, L, Vida, G, Molnár-Láng, M, Veisz, O (2017): Breeding for adaptation traits of wheat in Eastern European environments the Hungarian example. *J. Crop Breed. Genet.* 3:1-11.
- [3] Vida G, Bányai J, Bedő Z, Cséplő M, Kuti C, Láng L, Mayer M, Megyeri M, Mészáros K, Mikó P, Puskás K, Rakszegi M, Tóth V, Tremmel-Bede K, Varga B, Varga-László E, Veisz O (2019): A martonvásári kalászos gabona nevelési program genetikai bázisa, céljai és eszközei. In: Veisz O (ed.): *A martonvásári agrárkutatások hetedik évtizede*. Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár, pp. 116–131.
- [4] Vida, G, Gál, M, Uhrin, A, Veisz, O, Syed, NH, Flavell, AJ, Wang, Z, Bedő, Z (2009): Molecular markers for the identification of resistance genes and marker-assisted selection in breeding wheat for leaf rust resistance. *Euphytica* 170: 67–76.
- [5] Mikó, P, Löschenberger, F, Hiltbrunner, J, Aebi, R, Megyeri, M, Kovács, G, Molnár-Láng, M, Vida, G, Rakszegi, M (2014): Comparison of bread wheat varieties with different breeding origin under organic and low input management. *Euphytica* 199: 69–80.
- [6] Marton LCs, Pintér J, Spitkó T, Szőke Cs, Tóthné Zsubori Zs, Berzy T (2019): FAO 150-650 tenyészidejű, stressztoleráns kukorica hibridek szelekciója. In: Veisz O (ed.) *A martonvásári agrárkutatások hetedik évtizede*. Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár, pp. 132–149.
- [7] Spitkó, T, Sági, L, Pintér, J, Marton, CL, Barnabás, B (2006): Field performance of hybrids developed from doubled haploid maize inbred lines. *Cereal Res. Commun.* 34: 665-668.
- [8] Spitkó, T, Nagy, Z, Zsubori, ZT, Halmos, G, Bányai, J, Marton, LC (2014): Effect of drought on yield components of maize hybrids (*Zea mays* L). *Maydica* 59: 163-169.
- [9] Marton, LC, Szőke, C, Pintér, J, Bodnár, E (2009): Studies on the tolerance of maize hybrids to western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Maydica* 54: 217-220.
- [10] Matuz J, Bóna L (eds.) (2019): *Célok és eredmények a 95 éves Gabonakutatóban*. Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged
- [11] Matuz, J, Cseuz, L, Fónad, P, Pauk, J (2008): Wheat breeding for drought resistance by novel field selection methods. *Cereal Res. Commun.* 36: 123-126.
- [12] Majer, P, Sass, L, Lelley, T, Cseuz, L, Vass, I, Dudits, D, Pauk, J (2008): Testing drought tolerance of wheat by a complex stress diagnostic system installed in greenhouse. *Acta Biol. Szegediensis* 52: 97-100.
- [13] Kenny, P, Deák, Z, Csósz, M, Purnhauser, L, Vass, I (2011): Characterization and early detection of tan spot disease in wheat *in vivo* with chlorophyll fluorescence imaging. *Acta Biol. Szegediensis* 55: 87-90.
- [14] Lantos, C, Bóna, L, Boda, K, Pauk, J (2014): Comparative analysis of *in vitro* anther- and isolated microspore culture in hexaploid Triticale (*X Triticosecale* Wittmack) for androgenic parameters. *Euphytica* 197: 27-37.

- [15] Lantos, C, Bóna, L, Nagy, É, Békés, F, Pauk, J (2018). Induction of *in vitro* androgenesis in anther and isolated microspore culture of different spelt wheat (*Triticum spelta* L.) genotypes. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 133: 385-393.
- [16] Ács, E, Kovács, Z, Matuz, J (1996): Bread from corn starch for dietetic purposes. I. Structure formation. *Cereal Res. Commun.* 24: 441-449.
- [17] Langó, B, Jaiswal, S, Bóna, L, Tömösközi, S, Ács, E, Ravindra, C (2018): Grain constituents and starch characteristics influencing *in vitro* enzymatic starch hydrolysis in Hungarian triticale genotypes developed for food consumption. *Cereal Chem.* 95: 861-871.
- [18] Csikász, T, Alföldi, Z, Józsa, S, Treitz, M (2002): Growth analysis of the grain filling process in sunflower. *Acta Biol. Szegediensis* 46: 191-193.
- [19] Törjék, O, Bucherna, N, Kiss, E, Homoki, H, Finta-Korpelová, Z, Bócsa, I, Nagy, I, Heszky, L (2002): Novel male specific molecular markers (MADC5, MAD6) for sex identification in hemp. *Euphytica* 27: 209-218.
- [20] Heszky, L, Kiss, I (1992): 'DAMA' az első magyar "biotech" növényfajta. *Növénytermelés* 41: 555-557.
- [21] Bernáth, J, Németh, É (2012): Poppy: Utilization and genetic resources. In: Ram, J Singh (eds.): *Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement*. CRC Press, Boca Raton, pp. 353-392.
- [22] Pedryc, A, Hermán, R (2012): New apricot cultivars bred at the Corvinus University of Budapest, Hungary. *Acta Horticult.* 966: 205-210.
- [23] Tóth, M, Ficzek, G, Király, I, Kovács, S, Hevesi, M, Halász, J, Szani, Z (2012): Artemisz, Cordelia, Hesztia and Rosmerta: new Hungarian multi-resistant apple cultivars. *HortScience* 47: 1795-1800.
- [24] Werner, J, Hartman, B, Nagy, D, Kozma, P (2013): Improvement of the grapevine variety 'Kadarka' by the selection of new clones. *Internat. J. Horticult. Sci.* 2013: 1-2 Paper
- [25] Kocsisné, GM, Szabo, T, Ivancsics, J, Varga, J, Szabo, Z, Nyeki, J, Soltesz, M (2011): Evaluation of pear varieties in Hungarian gene banks. *Acta Horticult.* 918: 717-722.
- [26] Kocsis, L, Lajterné, BF, Németh, G, Kocsisné, GM (2014): Recent results of grape rootstock breeding program of the Georgikon Faculty. *Acta Horticult.* 1045: 109-116.
- [27] Polgár, Z, Wolf, I, Vaszily, Z, Tömösközi-Farkas, R, Gergely, L (2010): The newest results of a complex resistance breeding programme to biotic and abiotic stresses of potato. *Potato Res.* 53: 396-397.
- [28] Molnar-Lang, M, Ceoloni, C, Dolezel, J (eds.) (2015): *Alien introgression in wheat: Cytogenetics, Molecular Biology, and Genomics*. Springer International, Cham, 385 p.
- [29] Veisz, O, Harnos, N, Szunics, L, Tischner, T (1996): Owerwintering of winter cereals in Hungary in the case of global warming. *Euphytica* 92: 249-253.
- [30] Varga, B, Vida, G, Varga-László, E, Hoffmann, B, Veisz, O (2017): Combined effect of drought stress and elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration on the yield parameters and water use properties of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *J. Agron. Crop Sci.* 203: 192-205.

- [31] Karsai, I, Szűcs, P, Mészáros, K, Filichkina, T, Hayes, PM, Skinner, JS, Láng, L, Bedő, Z (2005): The *Vrn-H2* locus is a major determinant of flowering time in a facultative × winter growth habit barley (*Hordeum vulgare* L.) mapping population. *Theor. Appl. Genet.* 110: 1458-1466.
- [32] Kiss, T, Dixon, LE, Soltész, A, Bányai, J, Mayer, M, Balla, K, Allard, V, Galiba, G, Slafer, GA, Griffiths, S, Veisz, O, Karsai, I (2017): Effects of ambient temperature in association with photoperiod on phenology and on the expressions of major plant developmental genes in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Cell Environ.* 40: 1629–1642.
- [33] Rakszegi, M, Mikó, P, Löschenberger, F, Hiltbrunner, J, Aebi, R, Knapp, S, Tremmel-Bede, K, Megyeri, M, Kovács, G, Molnár-Láng, M, et al. (2016): Comparison of quality parameters of wheat varieties with different breeding origin under organic and low-input conventional conditions. *J. Cereal Sci.* 69: 297-305.
- [34] Rakszegi, M, Darkó, É, Lovegrove, A, Molnár, I, Láng, L, Bedő, Z, Molnár-Láng, M, Shewry, P (2019): Drought stress affects the protein and dietary fiber content of wholemeal wheat flour in wheat/*Aegilops* addition lines. *PLoS One* 14: 2 Paper: e0211892.
- [35] Marton, LC, Tóthné Zsubori, Z (2017): Advances in cold-tolerant maize varieties. In: Watson, D (ed.): *Achieving sustainable cultivation of Maize: From improved varieties to local application*. Burleigh Dodds, Mexico City, Chapter 6, p32.
- [36] Mesterházy, A (2020): Updating the breeding philosophy of wheat to Fusarium head blight (FHB): Resistance components, QTL identification and phenotyping- a review. *Plants* 9: 702.
- [37] Logrieco, AF, Battilani, P, Camardo Leggieri, M, Haesaert, G, Jiang, Y, Lanubile, A, Mahuku, G, Mesterhazy, A, Ortega-Beltran, A, Pasti, MA, Smeu, I, Torres, A, Xu, J, and Munkvold, G (2021): Perspectives on global mycotoxin issues and management from the MycoKey Maize Working Group. *Plant Dis.* 105: DOI: 10.1094/PDIS-06-20-1322-FE
- [38] Mesterházy, Á, Varga, M, György, A, Lehoczki-Krsjak, S, Tóth, B, (2018): The role of adapted and non-adapted resistance sources in breeding resistance of winter wheat to Fusarium head blight and deoxynivalenol contamination. *World Mycotoxin J.* 11: 539-557.
- [39] Mesterhazy, A, Gyorgy, A, Varga, M, Toth, B (2020): Methodical considerations and resistance evaluation against *F. graminearum* and *F. culmorum* head blight in wheat. the influence of mixture of isolates on aggressiveness and resistance expression. *Microorganisms* 8:1036.
- [40] Lantos, C, Purgel, S, Ács, K, Langó, B, Bóna, L, Boda, K, Békés, F, Pauk, J (2019): Utilization of *in vitro* anther culture in spelt wheat breeding. *Plants* 8: 436.
- [41] Kenny, P, Pauk, J, Kondic-Spika, A, Grausgruber, H, Allahverdiyev T, Sass, L, Vass, I (2019): Co-occurrence of mild salinity and drought synergistically enhances biomass and grain retardation in wheat. *Front. Plant Sci.* 10: 501.
- [42] Kerényi, Z, Zeller, K, Hornok, L, Leslie, JF (1999): Molecular standardization of mating type terminology in the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Appl. Environ. Microbiol.* 65: 4071-4076.
- [43] Mulé, G, Gonzales-Jaen, MT, Hornok, L, Nicholson, P, Waalwijk, C (2005): Advances in molecular diagnosis of toxigenic *Fusarium* species: A review. *Food Addit. Contam.* 22: 316-323.

- [44] Xu, XM, Nicholson, P, Thomsett, MA, Simpson, D, Cooke, BM, Doohan, FM, Brennan, J, Monaghan, S, Moretti, A, Mule, G, Hornok, L, Beki, E, Tatnell, J, Ritieni, A, Edwards, SG (2008): Relationship between the fungal complex causing Fusarium head blight of wheat and environmental conditions. *Phytopathology* 98: 69-78.
- [45] Kriss, AB, Paul, PA, Xu, XM, Nicholson, P, Doohan, FM, Hornok, L, Ritieni, A, Edwards, SG, Madden, LV (2012): Quantification of the relationship between the environment and Fusarium head blight, Fusarium pathogen density, and mycotoxins in winter wheat in Europe. *Eur. J. Plant Pathol.* 133: 975-993.
- [46] Dobránszki, J, Asbóth, G, Homoki, D, Bíró-Molnár, P, Teixeira, da Silva, JA, Remenyik, J (2017): Ultrasonication of *in vitro* potato single node explants: Activation and recovery of antioxidant defence system and growth responses. *Plant Physiol. Biochem.* 121: 153-160.
- [47] Hajos-Novak, M, Dallmann, G, Kristof, Z (2009): Transposon-derived organ-specific mutation in the ADH1 5' untranslated leader of autotetraploid maize. *Cereal Res. Commun.* 37: 151-158.
- [48] Katula-Debreceni, D, Lencsés, AK, Szőke, A, Veres, A, Hoffmann, S, Kozma, P, Kovács, L, Heszky, L, Kiss, E (2010): Marker-assisted selection for two dominant powdery mildew resistance genes introgressed into a hybrid grape family. *Sci. Horticult.* 126: 448–453.
- [49] Toth, Z, Winterhagen, P, Kalapos, B, Kovacs, L, Kiss, E (2016): Expression of a grape NAC transcription factor gene is induced in response to powdery mildew colonization in salicylic acid independent manner. *Scientific Reports* 6: Paper, 30825.
- [50] Molnár I., Gáspár L., Sárvári É., Dulai S., Hoffmann B., Molnár-Láng M., Galiba G.(2004): Physiological and morphological responses to water stress in *Aegilops biuncialis* and *Triticum aestivum* genotypes with differing tolerance to drought. *Funct. Plant Biol.* 31: 1149-1159.
- [51] El-Banna, A, Taller, J (2017): Functional characterization of the silenced potato cysteine proteinase inhibitor gene (PCPI) in *Phytophthora infestans* resistance. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 100: 23-29.