

A KUKORICA STRESSZREZISZTENCIA KUTATÁSOK EREDMÉNYEIBŐL

MARTON L. CSABA, SZŐKE CSABA ÉS PINTÉR JÁNOS

Kukoricanevelési Osztály

Bevezetés

Hazai éghajlati viszonyaink mellett a csapadék és a hőmérséklet az a két tényező, mely nemcsak a kukorica növekedését, hanem a termésátlagok alakulását is alapvetően befolyásolja. A hőmérséklet a legnagyobb hatást a vetés-keletés és a keletés-virágzás közötti szakasz hosszára gyakorolja. A kukorica keletésének és kezdeti fejlődésének. tavasszal, a rendszerint vetés után előforduló alacsony hőmérséklet a limitáló tényezője.

A hazai kukoricatermesztést ugyan számos kórokozó és kártevő veszélyezteti, de ezek közül két károsító okozott jelentős gazdasági kárt az elmúlt 10 évben. Az egyik a cső - és szárfuzáriumot okozó gombafajok, míg a másik a kukoricabogár.

Az elmúlt években vizsgáltuk a martonvásári nemesítési kukorica genotípusok csőpenésszel szembeni toleranciáját. A kutatás eredményeként elmondható, hogy sikerült több olyan kukorica beltenyésztett vonalat azonosítani, melyek a *Fusarium spp.*-vel szemben magas szintű toleranciát mutattak. 2005-2008. között fuzáriumos szárkorhadással kapcsolatban állítottunk be kísérletet, melynek célja a genotípus – környezet - sejtfalbontó enzimek kapcsolatának a vizsgálata volt. Az eddigi eredmények szerint jelentős eltérések vannak a kukorica genotípusok között a szárfuzáriummal szembeni toleranciában, továbbá összefüggés mutatható ki a sejtfalbontó enzimek aktivitása és a genotípus fogékonysága között.

A kukoricabogár megjelenése miatt, konvencionális nemesítési- és géntechnológiai módszerek segítségével elkezdtük a tolerancia- és rezisztencia vizsgálatokat. Az eddigi eredmények alapján vannak tolerancia szintbeli különbségek a martonvásári genotípusok között, *in vivo* technikával elkezdtük az idegen gének hagyományos nemesítési eszközökkel történő beépítését is a martonvásári beltenyésztett kukoricavonalakba.

A kukorica hidegtűrése

A kukorica hidegtűrő-képességének a javítása a nemesítés egyik fontos célkitűzése. A hidegtűrés öröklődésében a heterozishatáson és reciprok különbségeken túl az additív hatások is jelentős szerepet játszanak. Ez lehetővé teszi már a szelekció korai szakaszában a hidegtűrő genotípusok sikeres kiválasztását. Az anyai hatás szintén jelentős lehet. Az anyai szülő heterozigóta szintjének értékelésére azonban korábban nem volt megfelelő genetikai modell.

A „joint scaling test”-ből kiindulva bevezettünk egy új paramétert, az anyai heterozigóta szintet (fh) és részletes leírást adtunk a statisztikai értékelésre. Az általunk módosított modellel újraértékeljük korábbi kísérleti adatainkat azért, hogy az anyai heterozigóta szint hidegtűrésben játszott szerepét eltérő hőmérsékleten értékelhessük.

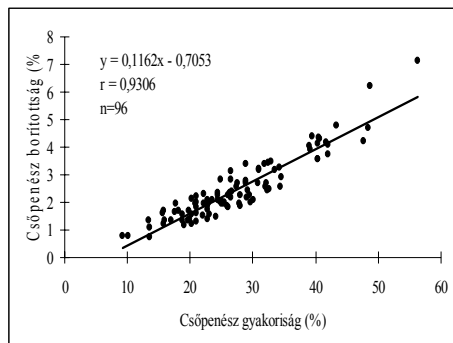
A kísérleti anyagot két genetikailag eltérő és különböző hidegtűrésű beltenyészett törzs (CM174 és a Mo17) felhasználásával előállított szisztematikus genetikai sor 6 genotípusa képezte. A kísérletben ezeket a genotípusokat vizsgáltuk fitotroni hőmérsékleti gradiens kamrában, 7-14,2 °C tartományban, 10 különböző hőmérsékleten 0,8 °C lépcsőkkel, állandó (éjjel-nappal azonos) hőmérsékleten. A fiatal növények levélfelületét (cm²) Hayashi-Denco típusú levélfelület mérővel mértük meg.

Az adatok alapján megállapítható, hogy a módosított „joint scaling test” – két hőmérséklet kivételével – alkalmazható volt a hidegtűrés öröklődésének vizsgálatára. A módosított „joint scaling test” által becsült és a tényadatok közötti korreláció szorosabb, mint az eredeti modell szerint becsült és a tényadatok közötti. Kimutattuk, hogy az anyai heterozigóta szint alacsony hőmérsékleten hatással van a kezdeti fejlődésre. Az anyai heterozigóta (fh) szint hatása az átlaghoz (m) viszonyítva a hőmérséklet emelkedésével csökken. A (h)/(d) aránya általában 1-nél lényegesen nagyobb volt, overdominanciát mutatott.

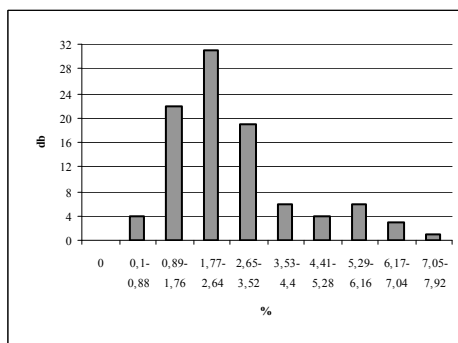
A fuzáriumos csőpenész

A fuzáriumos csőpenész vizsgálat kísérleteit az ország öt – kukoricatermesztés szempontjából fontos – termőtaján állítottunk be: Mezőkövesden, Iregszemcsén, Debrecenben (2000-2002), illetve Kabán (2004-2006), Szarvason és Martonvásáron. Az első három helyen a kísérletben szereplő 96 hibrid spontán fertőzését határoztuk meg, ugyanúgy, mint a negyedik helyen, ahol viszont a kísérleti területet öntöztük. A martonvásári kísérleti területen a természetes fertőzöttségi értékek mellett mesterséges fertőzést is végeztünk, illetve itt a hibridek szülőkomponenseit is vizsgáltuk. A *Fusarium* fajok által okozott természetes csőpenészesedés mértékét Manninger-féle skála segítségével (1 érték: 0 % - 9 érték: 100%) értékeltük. A mesterséges fertőzést Young (1943) -féle fertőzési módszernek megfelelően végeztük, az 50 %-os növirágzást követő 10-12. napon. A kezelések hatását a vegetációs időszak végén, a fenti skála alkalmazásával, a látható csőfertőzöttség bonitálásával értékeltük. A felvett adatokból a penészes csövek relatív gyakoriságát és a csövek felületének penészbtorítottságát határoztuk meg.

A termőhelyek átlagában az öt vizsgált évben a természetes csőpenész relatív gyakorisága, valamint a természetes csőpenész borítottság értékek minden évben különbözőek voltak. Meghatároztuk a két paraméter közötti kapcsolatot, mely szorosnak és pozitívnak bizonyult (1. ábra).



1. ábra. A fuzáriumos csöpenész borítottság és a gyakoriság közötti kapcsolat az évek és termőhelyek átlagában.



2. ábra. A vizsgált kukorica genotípusok természetes penészbtorítottság szerinti eloszlása (2005).

Ez azt jelenti, hogy ha a környezeti tényezők alkalmasak a fuzáriumos csöpenész megjelenéséhez, akkor jelentős penészbtorítottsággal kell számolnunk. Magasabb penészbtorítottság következményeként, jelentősebb mikotoxin felhalmozódás is várható.

Megállapítottuk a természetes és mesterséges fertőzés közötti kapcsolatot is. Eredményeink szerint a két fertőzési mód közötti kapcsolat penészbgyakoriság esetében ($r=0,49$) közepes, míg borítottság vonatkozásában ($r=0,14$) nagyon laza. Ezek alapján azt állítjuk, hogy a csöpenész elleni nemesítés mesterséges fertőzés nélkül elképzelhetetlen.

A kórtani tenyészkertben a vizsgálatokba új beltenyésztett törzseket és a hibridek szülőkomponenseit is bevontuk. A szülő-utód regresszióanalízis segítségével lehetséges volt megbecsülni a fuzáriumos penészbtorítottsági és penészbgyakorisági tulajdonságok örökölhetőségét. Adataink szerint a fuzáriumos penészbtorítottság h^2 értéke (0,52) kisebb, mint a penészes csövek relatív gyakoriságára vonatkoztatott örökölhetőségi értékszám (h^2) értéke (0,69). Az értékek ugyanakkor arra utalnak, hogy mindkét tulajdonság öröklésében jelentős additív génhatások is szerepet játszanak, ami a beltenyésztés során jó lehetőséget biztosít a szelekcióra. A vizsgált új törzsek között találtunk olyan csöpenészesedésnek ellenálló típusokat is, melyek hibridjei is nagyfokú ellenállóságot mutattak. Ezek a törzsek, mint rezisztenciaforrások is felhasználhatók lesznek. A megvizsgált kukoricahibridek és vonalak egy része a szántóföldi adatok alapján megfelelő csőfuzárium rezisztenciát mutatott. A kukorica hibridek természetes penészbtorítottsági eloszlását a 2. ábrán mutatjuk be. Az ábra adatai szerint a 96 hibrid közül mindössze egy olyan hibridet találtunk, amelynek a természetes penészbtorítottsági értéke 7,6% fölött volt. A hibridek nagy többsége (32 db) 3% alatti természetes fertőzöttségi értéket mutatott.

A fuzáriumos szárcorhadás

A fuzáriumos szárcorhadás vizsgálatoknál két *Fusarium graminearum* izolátummal (FG36, FGH4) végeztük a mesterséges fertőzést. Az izolátumokkal fertőzött búzaszemeket a növények második internódiumába helyeztük, majd október közepén a kettévágott szárok bélszövetén látható léziók nagyságát határoztuk meg. Az enzimaktivitási adatokat az elkészített szövetkivonatból határoztuk meg Cup-plate módszer segítségével.

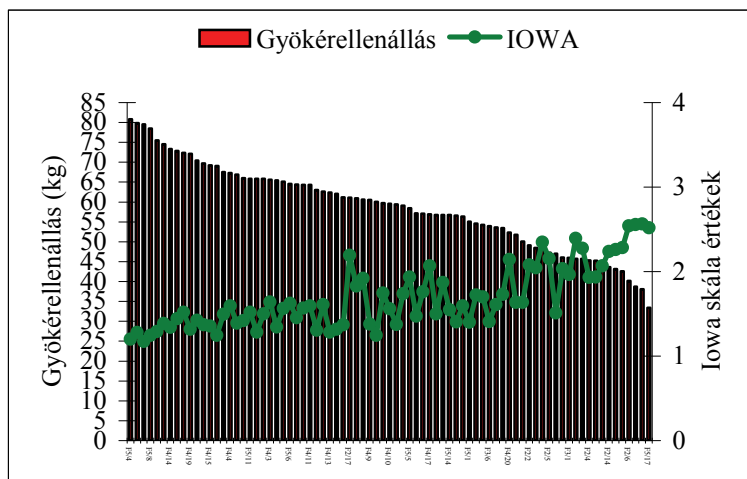
A vizsgált évek közül eredményeink szerint 2007-ben volt a legnagyobb mértékű mind a természetes, mind a mesterséges szárcorhadás fertőzés. Ez az év ideális volt a szárcorhadás kialakulásához (virágzás idején kevés csapadék, csapadékos őszi hónapokkal). A vizsgálat során két *F. graminearum* izolátumot használtunk a mesterséges fertőzéshez. 2008-ban ugyan a törzsek esetében statisztikailag igazolható mértékben okozott súlyosabb fertőzést az FG36 izolátum, de a másik két vizsgálati évben (2006, 2007) az FGH4 jelű izolátum volt a fertőzőképesebb a hibrideknél is és a törzseknél is. A kontrollként használt steril szemes kezelés hatására viszonylag magas fertőzöttségi szintet kaptunk a hibrideknél és a törzseknél is, ami arra hívja fel figyelmünket, hogy a kukorica fuzáriumos szárcorhadásának kialakulását jelentős mértékben elősegíti a száron keletkezett bármilyen sérülés (kártévők, művelő eszközök, jégeső). Ezért a szár mechanikai paramétereire (vastagabb, erősebb héjkéreg) nagy figyelmet kell fordítani a szelekció során. A szárcorhadással szembeni szelekció eredményesége érdekében nem elég a természetes fertőzés adataira szorítkoznunk, mivel a vizsgált genotípusok eltérő ellenállósággal rendelkeznek a fuzáriumos szárcorhadással szemben. Adataink arra engednek következtetni, hogy a fuzáriumos szárcorhadás öröklődésében az anya rezisztenciaszintje a meghatározóbb, de ezt az összefüggést további vizsgálatokkal kell még tisztázni.

Az amerikai kukoricabogár

Az amerikai kukoricabogárral szembeni toleranciaszint meghatározása céljából 2007-2008-ban 96 kukorica genotípussal, 3 termőhelyen, 3 ismétléses (Kőszárhegy, Lászlópuszta, Martonvásár) kísérletet állítottunk be. Mindegyik helyen két alkalommal (06. 22. és 09. 15.) gyökérellenállás-mérő segítségével parcellánként 5 növényen megállapítottuk a genotípusok gyökérellenállását, majd Iowa skála segítségével (1 – nincs kártétel, 6 – 3 vagy több gyökérszint pusztult) bonitáltuk a gyökéren látható kártételt és megmértük a gyökérátmérőjét, mely értékek segítségével meghatároztuk a gyökérregeneráció mértékét.

A kukoricabogár elleni védekezésnek az egyik legeredményesebb módja a vetésváltás, de ez sajnos nem mindig kivitelezhető, ezért az intézetünk hagyományos és transzgenikus nemesítési eljárással próbál a kukoricabogárral szemben toleráns, illetve ellenálló hibrideket nemesíteni. Eddigi eredményeink

szerint a vizsgált kukorica hibridek és törzsek az amerikai kukoricabogárral szemben eltérő toleranciaszinttel rendelkeznek (3. ábra). Az ábrán azt is láthatjuk, hogy a gyökérellenállás és az Iowa skála közötti kapcsolat negatív, azaz minél nagyobb a növény gyökérellenállása (gyökér mérete), annál kisebb gyökérvártételre számíthatunk.



3. ábra. A kukorica hibridek gyökérellenállási- és fertőzöttségi (IOWA skála) értékei 3 hely, 2 mintázás átlagában (2007-2008).

A tolerancia elsősorban a hibridek erősebb, regenerációképesebb gyökérrendszeréből adódik.

A vizsgált anyagok közül három hibrid esetében volt kiemelkedően magas a gyökér regenerálódási képessége. A gyökérregeneráció mértéke egyrészt az adott hibridtől, másrészt a környezeti tényezőktől függ. Az eredmények alapján elmondható, hogy a vizsgált kukorica genotípusok toleranciaszintje eltérő a kukoricabogárral szemben, de a gyökérregeneráció mértékében is vannak eltérések a genotípusok között, amit a szelekció során figyelembe kell vennünk. A gyökér nagysága és az Iowa skála értékei között közepes, negatív kapcsolatot kaptunk. Az általunk alkalmazott gyökérellenállás-mérésen alapuló szelekciós módszer, – kiegészítve gyökérvártétel- és Iowa-skála szerint értékelt gyökérvártétel-vizsgálattal –, megfelelő módszer arra, hogy viszonylag gyorsan, nagy tömegű kukorica genotípus toleranciaszintjét megállapítsuk. A gyökérellenállás-termés esetében szoros ($r=0,72$), a gyökérméret-termés ($r=0,66$) és az Iowa skála-termés ($r=0,68$) esetében pedig közepes a két vizsgált tényező közötti összefüggés. Meghatároztuk a korreláció értékeket a gyökérellenállás-gyökérméret ($r=0,92$), és a gyökérellenállás-Iowa skála között ($r= -0,85$). Ezek szerint a gyökérellenállás a gyökérmérettel pozitív, szoros; míg a gyökérellenállás az Iowa skálával negatív, szoros kapcsolatban van.

Adataink alapján megállapítható, hogy a gyökérellenállás mérésen alapuló módszer jól használható a szelekcióra, mivel szoros összefüggést mutat a károsítás mértékével (Iowa értékek), illetve a termés nagyságával is. A gyökérellenállás és a gyökérdőlés között negatív, szoros kapcsolatot állapítottunk meg ($r = -0,79$). A regresszióanalízis eredményeiből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a gyökérellenállásmérő segítségével végzett szelekció, kiegészítve Iowa-skála segítségével kiértékelt gyökérvégkártétel-vizsgálattal és gyökérdőlés felvételezéssel hatékony és viszonylag gyors módszer nagyszámú alapanyag és hibrid előtesztelésére.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat a Jedlik Ányos (Project szám: KUKBOGMV OM00063/2008) NKFP és az AGRISAFE 203288 sz. EU-FP7-REGPOT 2007-1 pályázat támogatta.

Megjelent publikációk

- Marton, L. Cs. (2000): A kukorica (*Zea mays* L.) fiatalkori hidegtűrés öröklődésének vizsgálata hőmérsékleti gradiens kamrában szisztematikus genetikai soron. *Növénytermelés*, **49**, 475-485.
- Marton, L. Cs., Kizmus, L., Nagy, E. (2000): A fuzáriumos magfertőzés hatása a kukorica (*Zea mays* L.) keléskori hidegtűrésére. *Növénytermelés*, **3**, 261-272.
- Marton, L. Cs., Kizmus, L., Pintér, J., Nagy, E. (2004): Stalk strength of maize synthetics grown at different plant densities in Hungary. In: J. Vollmann, H. Grausgruber, P. Ruckebauer, (eds.), *Genetic variation for plant breeding*. Tulln, pp. 407-410.
- Marton, L. Cs., Kuti, Cs. (2002): Modified joint scaling test for evaluating the effect of heterozygosity of the female parent. *Acta Agron. Hung.* **50**, 185-190.
- Marton, L. Cs., Kuti, Cs. (2002): A kukorica (*Zea mays* L.) fiatalkori öröklődésének értékelése módosított „joint scaling test”-tel. *Növénytermelés*, **51**, 367-373.
- Marton, L. C., Nagy, E., Oross, D. (2009): A new biotic stress factor in maize production: the Western corn rootworm (*Diabrotica v. virgifera* LeConte) *Cer. Res. Commun.* (in Press)
- Rác F., Hadi G., Szőke Cs., Záborszky S., Marton L.,Cs. (2007): Cold tolerance of seed from inbred maize lines sown at various sowing dates in different years. *Cer. Res. Commun.* **35**, 697-700.
- Szőke, C., Árendás, T., Bónis, P., Szécsi, Á. (2009): Fusarium stalk rot: a biotic stress factor decisive for maize stalk strength. *Cer. Res. Commun.* (in Press)
- Szőke, C., Árendás, T., Rác, F., Pintér, J., Nagy, E., Marton, L. C. (2007): Correlation between maize genotypes and the stalk rot caused by maize *Fusarium*. *Acta Agron. Hung.* **55**, 447-452.
- Szőke, Cs., Magyar, D., Szécsi, Á., Marton, L. Cs. (2006): Kukorica szárszövetből izolált fusarium graminearum és fusarium verticillioides izolátumok celluláz aktivitásának meghatározása. *52. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest.*
- Szőke, C., Pintér, J., Hegyi, Z., Marton, L. C. (2008): Studies on the tolerance of maize hybrids to corn rootworm on various types of soil. *Cer. Res. Commun.* **36**, 1675-1678.
- Szundy, T., Pók, I., Marton, L. C. (2005): Cold tolerance of inbred lines and sister line crosses of maize with different genetic backgrounds. *Acta Agron. Hung.*, **53**, 81-87.