

Gyors neutronnal indukált mutáció eredményei a szemes cirok M_1 és M_2 generációjában

Pepó Pál – Erdei Éva

Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,
Mezőgazdaságtudományi Kar,
Kertészettudományi és Növényi Biotechnológia Tanszék,
Debrecen
pepopal@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A cirokfélék genetikai variabilitása a géncentrumtól távolodva a klimatikus korlátok miatt csökken, így a hazánkban termesztett hibridek viszonylag szűk genetikai bázisra alapozódnak. A leszűkült genetikai bázis miatt kisebb léptékű a genetikai előrehaladás, ezért szükség van a citoplazmás faktorok genetikai bázisának szélesítésére. Az alapanyagok diverzitásának növelését gyorsneutron kezeléssel végeztük. Ezen eljárás eredményeként az M_1 nemzedékben a 12,5 Gy dózissal kezelt állományban steril, deformált és dupla bugával rendelkező egyedeket kaptunk. Agronómiailag hasznos egyedeket a 10 Gy és a 7,5 Gy dózissal kezelt állományban találtunk, ahol a levélterületi index (LAI) és a Harvest- index értéke magasabb volt a kontroll egyedekhez képest. Az 5 Gy dózissal kezelt állományban kisebb változásokat tapasztaltunk. A visszavetett M_2 nemzedékben extrém klorofill defektusos albinó egyedeket detektáltunk a 10 Gy Zádor állományban.

Kulcsszavak: *Sorghum bicolor L., mutációs nemesítés, gyors neutron*

SUMMARY

Due to climatic barriers, the genetic variability of Sorghum varieties decreases away from the gene centre, therefore hybrids cultivated in Hungary are restricted to a relatively limited genetic basis. This limited genetic basis results in a lower rate of genetic improvement, so the genetic basis of cytoplasm factors are to be extended. We enhanced the diversity of primary materials by fast neutron treatment. As a result of this treatment we detected sterile, deformed specimens with double panicles in the stock treated with a dose of 12.5 Gy in the M_1 generation. Agronomically useful specimens were found in the stock treated with 10 Gy and 7.5 Gy doses, where the leaf area index (LAI) and Harvest- index gave higher values than those of the control group. In the stock treated with 5 Gy dose, variations were less significant. In the reseeded M_2 generation we detected albino specimens with extreme chlorophyll defects in the 10 Gy Zádor stock.

Keywords: *Sorghum bicolor L., mutational improvement, fast neutron*

BEVEZETÉS

Magyarországon a Sorghum fajok honosítási problémáit a hibrid cirok nemesítése oldotta meg. A cirok hibridek előállításához használt módszer a citoplazmás hímsterilitás. A termesztett szemes cirok mindegyike kétvonalas hibrid.

A hibrideknél jelentkező heterózishatás eredményeként a koraiság, a termő- és az alkalmazkodóképesség a fajtákhoz képest kedvezőbb eredményeket mutatott, ezen okok következtében a cirok a mérsékelt égöv területén is termesztethetővé vált. A köztermesztésben lévő korszerű takarmány cirok az utóbbi 10-15 évben már csaknem kizárólag hibridek.

A fenntartható fejlődés követelményeinek eleget téve szükségessé vált a hibridek előállításához nélkülözhetetlen beltenyésztett vonalak diverzitásának és genetikai tartalékának génbankokban való megőrzése. Ilyenek például az Eucarpia Cirok Világgyűjteményben őrzött citoplazmás hímsteril vonalak. A már meglévő génbankok vonalszortimentjét bővíthetjük a genetikai variabilitás növelésével. A genetikai variabilitás növelésének specifikus változata a kémiai és a fizikai mutagénekkel történő kezelés. Az indukált mutánsok kiválogatásával szélesítjük a már meglévő populáció génkészletét. A szigorú beltenyésztés után a preferált vonalakat keresztezve olyan új, kétvonalas hibridkombinációkat alakíthatunk ki, amelyek megfelelnek az alábbi nemesítési célkitűzéseinknek: nagy terméshozam, kedvező takarmányérték, alacsony növénymagasság, az érés során csökkenő tannintartalom, koraiság, laza bugatípus és az adaptálódó képesség növelése.

A mutációs kezelést követő harmadik (M_3) és negyedik (M_4) nemzedékek esetében virág nélküli és ritkás virágú mutánsokat detektáltunk, amelyek megváltozott epikutikuláris viasz tartalommal rendelkeznek, és jobb vízhasznosítást mutatnak, mint a nem mutáns egyedek. Ezek az agronómiailag hasznos mutánsok előnyösek lehetnek mind a mezőgazdaság, mind a környezetvédelem számára egyaránt. A genetikai variabilitás létrehozása után szükség van a megfelelő variációk megkeresésére.

Tekintettel arra, hogy a mutáció első és második évében – a besugárzott magból fejlődő növényeken – kizárólag a morfológiai jellegű változások domináltak, ezért a mutációs (M_1 és M_2) nemzedék esetében elsősorban fenometriai jellegű megfigyeléseket végeztünk. A későbbi nemzedékeknel a morfológiai változások felvételezésének módszereit indokolt a genetikai variációk detektálására alkalmas gélelektroforézis, RAPD-analízis és az AFLP molekuláris diagnosztikai módszereivel és beltartalmi elemzéssel is kiegészíteni.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A nemesítési anyag diverzifikálására kémiai és fizikai mutagén faktorokat is alkalmazhatunk. Röntgensugárzással többen váltottak ki mutációkat (változékonyság növekedése, klorofill-defektusok, meddőség nagyobb mérvű jelentkezése), mutagén hatása volt a gamma és termálneutron sugaraknak is. A kolchicin (csíranövényre adagolva) részben genommutációkat (tetraploid és oktaploid alakokat), részben génmutációkat (morfológiai változások, különböző értékű sterilítások, levélfoltosságok és elhalások) váltott ki. A mutáció indukálására alkalmas dózisoftimum 25kr (Barabás, 1962). A besugárzás eredményre vezethet a beltartalomra történő szelekció során. Ugyanakkor a betegség-ellenállóság mutációs úton történő kiváltása negatív eredménnyel végződött a ciroknál (Bányai és Barabás, 1962). A kolchichinoldat 1%-os töménységben igen nagyszámú mutációt eredményezett.

A klorofill mutációk kiváltásában a különböző kémiai és fizikai mutagén faktorok hatékonysága az alábbi sorrenddel jellemezhető: diethyl szulfát (DES) < röntgen-sugárzás (X-rays) < gyorsneutron-sugárzás (Nf) < etil metil szulfonát (EMS) < forróneutron (Nth). A morfológiai mutációkat kiváltó mutagénforrások hatékonyságának sorrendje pedig a következő: X-rays < DES < EMS < Nth < Nf (Bozzini és Scarascia, 2003).

Az első mutációs nemzedékben (M_1) fokozottabb produktív bokrosodást, csökkent fertilitást tapasztaltak, valamint a tömöttebb bugákból származó magvak vörös színűek, míg a félig tömött bugákból származó magvak mézskőfehér színűek voltak a kontroll növényekhez viszonyítva (Bhaskara és Reddi, 2005).

Az M_2 -nemzedékben a sugárzás fenotípusosan megjelenő klorofill-defektusokat eredményez (Ramulu és Rangasamy, 2004). A mutáció a klorofill tartalom különböző mértékű csökkenését, a levelek, a levélhüvely és a toklász hosszanti fehér csíkozódását, valamint lágy, zsenge állapotú fehér magvak kialakulását okozza. A szántóföldi tesztek során a fényintenzitásra érzékeny klorofill mutáns a gs(3) egyszerű recesszív öröklődést mutatott, zöld növényekkel keresztezve, míg a zöld növények az F_3 nemzedékben szegregálódtak, igazolva, hogy a mutáns egy recesszív allél kontrollja alatt van. A klorofill mutáns esetében semmilyen szegregációs arányt nem lehetett megállapítani, ez azt jelenti, hogy a mutáns allél fényintenzitás által szabályozott. A klorofill-hiányos tulajdonság egy transzpozíciós genetikai rendszer hatásának eredménye (Liang és Kofoid, 1998).

Az M_3 és az M_4 nemzedékekben redukált mennyiségű virágzó növényt, illetve buga nélküli mutánsokat is megfigyeltek. Néhány mutáns esetében, mint ahogyan a (bloomless) bm4, bm5, bm9 és a h10-nél tapasztalható, a mutáció hatására a hosszú szénláncú szabad zsírsavak, a C_{28} és a C_{30} mennyisége csökken, ennek következtében a zsírsav

bioszintézis végterméke, a leveleket beborító epikutikuláris viaszréteg is elvékonyodik.

A vékony viaszréteg miatt nagyobb a párologtatás, romlik a vízfelhasználás hatékonysága a buga nélküli és a redukált bugával rendelkező mutánsoknál a normál állományhoz viszonyítva (Jenks et al., 2003). Az M_4 generációból származó virág nélküli és ritkás virágú, megváltozott epikutikuláris viasztartalommal rendelkező mutáns növények magjait és nem mutáns testvérvonalak reakcióit hasonlították össze a különböző öntözési fokozatokra. Öntözött körülmények között a ritkás virágú mutáns jobb vízhasznosítást mutatott, mint a normál vonal. A nem-öntözöttek között a mutánsok rosszabb vízhasznosítást mutattak, mint a normál vonalak. A vízvesztés nagyobb volt a virág nélküli és a ritkás virágú vonalakban, mint a normál vonalakban. A vízfelhasználás az epikutikuláris viasztartalommal lineárisan változott öntözött és nem-öntözött körülmények között (Premachandra et al., 2003). Mivel a mutáns növények utódai heterozigóták, ezek a tulajdonságok javulhatnak a következő nemzedékekben.

Hazánkban Barabás (1962) vizsgálta az indukált mutánsok előállításának lehetőségeit. A Rancher cukorcirok fajtából előállított kiegyenlített I 4 törzseket röntgennel (15-20 krad) és kolchicinnel (0,2-1,0%) kezelte. A legjobb kombináció három év átlagában a standardot 30%-kal múlta felül (Bálint, 1966). Az új citoplazmatikusan himsteril vonalak termesztési célkitűzései a következők: jó termő- és állóképesség, koraiság betegség-ellenállóság, törpeség, gépi arathatóság. Minőségi szempontból a béta karotin tartalom növelése kiemelt tényező (Rajki, 2003). A madárkártétellel szemben ellenállóvá tevő tannintartalom és nyersfehérje tartalom is növelendő.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A DE ATC MTK Genetikai és Nemesítési Tanszék mutációs nemesítési programjának bővítéseként 2005-ben a DE ATC Karcagi Kutatóintézetből származó Zádor szemes cirok hibridet és a Rib himsterilitást fenntartó B vonalat kezeltünk gyors neutron sugárforrással az MTA Atommag Kutató Intézetében. A kísérlet során a hibrid alapanyag és a vonal vetőmagjait az Atommag Kutató Intézet ciklotronjában sugározták be a következő dózissal: 5, 7,5, 10 és 12 Gy (Gray). Azért választottuk a gyors neutronsugárzást mutagén forrásnak, mert a korábbi kísérleteink eredményei alapján a morfológiai mutációk kiváltásában ez a fizikai mutagén faktor volt a legeredményesebb az összes mutagén forrás közül. A gyors neutron jelentős genetikai affinitással rendelkezik a klorofill-mutációk kiváltásában is. Ez a mutagén igen nagymértékben hat az RNS-DNS struktúrára azáltal, hogy a besugárzás nyomán keletkezett radioaktív anyagok által kibocsátott sugárzások sűrűbb ionizációt okoznak az élő szervezetben. A sugárzás biológiai hatását az elnyelt dózissal jellemezzük, amelynek jele: D. Mértékegysége a Gray (Gy), az a

sugárdózis, amelyet 1 kg tömegű anyag elnyel, ha vele állandó sugárzással 1 Joule energiát közlünk: 1 Gy=1 J/kg (Pepó és Tóth, 1999). A besugárzott vetőmagvakat 70 cm sortávolságra vetettük, egy folyóméterre 15 db vetőmag került. A mérések során két ismétlésben dolgoztunk. A mutáció hatására keletkező genetikai variabilitást fenotípusos szinten vizsgáltuk, mivel az M₁- és az M₂-nemzedékben főleg morfológiai jellegű változások érvényesültek. Az adatokat „A nemesítési anyag értékmérő tulajdonságainak egységes értelmezése, nyilvántartása”, valamint „A kísérleti módszer egyeztetése” című, az OMMI által 2004-ben összeállított irodalom alapján értékeltük.

Az M₁- és az M₂-nemzedékben a mutáció hatására jelentkező változásokat kéthetente figyeltük, és a kijelölt növényeken az alábbi tulajdonságokat felvételeztük szántóföldi körülmények között: kelési adatok, növénymagasság (cm), levélhosszúság (cm), levélszélesség (cm), a növény produktív bokrosodása (db), az 50%-os bugamegjelenésig eltelt napok száma. Betakarítás után a következő paramétereket mértünk: buga hossza (cm), buga oldalág száma (db), buga alakja. Az ezerszemtömeget pedig 3×100 szem súlya alapján számítottuk ki. A felvett adatokat a következő képletek kiszámításához használtuk fel: levélfelületi-index (LAI m²·m⁻²) a levelek száma és a Montgomery képlet alapján került meghatározásra [levél hosszúsága (cm) × levél szélessége (cm)] × 0,75* levélszám (db) (Tóth, 2001). A Harvest-index a betakarított szemtermés és a biológiai hozam hányadosaként került kiszámításra mind a négy dózis és a kontroll növények esetében is külön-külön. A buga tömörségét számszerűen közvetett úton a kicséplési százalék képletével mutattuk ki.

Az M₂-nemzedékben megjelent albínó csíranövények levélalapjából kalluszt indukáltunk 4,5, 12,5 és 22,5 mikromol, 2,4 D koncentrációjú táptalajon és a változásokat a kontroll növényekhez hasonlítottuk.

EREDMÉNYEK

A kiválasztott hibrid és a beltenyésztett vonal esetében a gyors neutronsugárzás jelentős mértékű változásokat indukált. Az M₁-nemzedékben a kezelés hatására kedvezőtlenebbé vált a növények kezdeti fejlődési erélye, a kelési százalék csökkent a dózis növekedésével. A legdrasztikusabb változást a Zádor hibridnél tapasztaltuk 12,5 Gy dózis alkalmazása esetén, ahol 50%-ra redukálódott a kikelt egyedek aránya, ezzel szemben a kontroll növények esetében 96,66%-os kelési arányt regisztráltunk (1., 2. ábra).

A mutáns M₁-nemzedékben a kvantitatív jellegek változása a következő volt: intenzív produktív bokrosodás volt tapasztalható a 7,5 Gy és a 10 Gy dózissal besugárzott állomány esetében, míg a 12,5 Gy dózisoknál a nagy mennyiségű sarjképződést 50%-nál több steril bugamegjelenés kísérte, tehát improduktív bokrosodás jelentkezett. A fehér színnel jelölt grafikon a produktív, a sötét az improduktív bugákat jelenti (3. ábra).

1. ábra: A kelési százalék alakulása a besugárzás dózisének függvényében a kontroll egyedekhez viszonyítva a Rib fenntartó vonal M₁-nemzedékénél

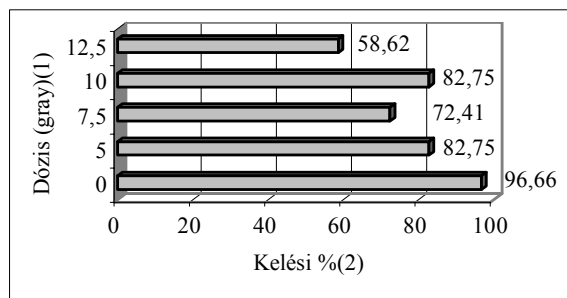


Figure 1: Development of emergence percentage related to the dose of radiation as compared to controls, in the case of Rib maintenance line
dose (gray)(1), emergence percentage(2)

2. ábra: A kelési százalék alakulása a besugárzás dózisének függvényében a kontroll egyedekhez viszonyítva a Zádor hibrid M₁-nemzedékénél

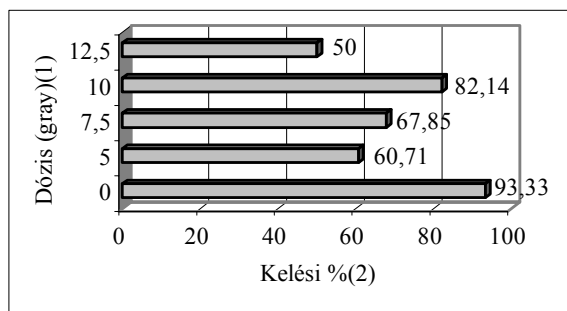


Figure 2: Development of emergence percentage related to the dose of radiation as compared to controls, in the case of Zádor hybrid
dose (gray)(1), emergence percentage(2)

3. ábra: A kiválasztásra került és feldolgozott produktív és improduktív bugák számának alakulása a Zádor hibrid esetében

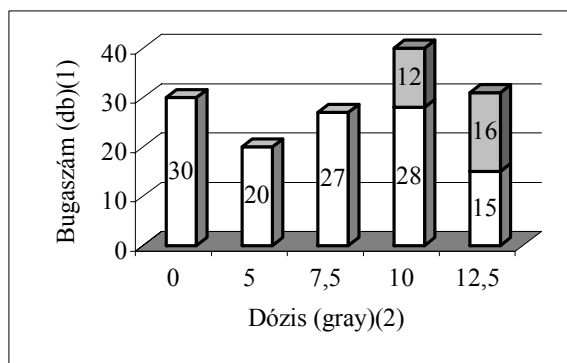


Figure 3: Numerical development of selected, processed productive and improductive panicles in the case of Zádor hybrids
number of panicles(1), dose (gray)(2)

A steril bugák miatt a Harvest-index a 12,5 Gy dózissal kezelt állományban 0,2265-0,2338, míg a 7,5 Gy és a 10 Gy dózissal kezelt állományban a sok produktív buga miatt 0,4234-0,5807 között változott. A levelek és a nóduszok száma is növekedett a fokozott oldalhajtás képződés következtében, a levelek deformis jellege volt megfigyelhető a kezeletlen kontrollhoz képest.

A levélterületi-index (LAI $m^2 \cdot m^{-2}$) a dózis növekedésével csökkent: 12,5 Gy *Rib* esetében 0,42 $m^2 \cdot m^{-2}$ volt a főnövényeknél az első mérés alkalmával. A kontrollhoz képest legmagasabb értéket a 7,5 Gy *Rib* és a 10 Gy *Zádor* mutatta, ahol mindkét esetben 0,72 $m^2 \cdot m^{-2}$ levélterületi-indexet számoltunk a júniusi állományban. Ennek ellenére az összes levélterület mégiscsak növekedett – a standard állományhoz képest –, hiszen a növények mellett sarjhajtások is megjelentek. A fokozott bokrosodási készség miatt a LAI értéke a következőképpen alakult kontroll növények esetében: 2,14 $m^2 \cdot m^{-2}$, a 12,5 Gy *Rib* esetében 2,65 $m^2 \cdot m^{-2}$, és a legmagasabb értéket a 10 Gy dózissal kezelt növényállományban érte el, ahol a növényekkel és a produktív sarjakkal együtt 3,87 $m^2 \cdot m^{-2}$ levélterületi-indexet számoltunk (1., 2. táblázat).

1. táblázat

A levélterületi index LAI ($m^2 \cdot m^{-2}$) alakulása a *Rib* fenntartó vonalnál

Dózis (gray)(1)	Növény (lai)(2)	Sarjhajtás (lai)(3)	Összesen (lai)(4)
2005. június 17.			
12,5	0,42	0	0,42
10	0,72	0	0,72
7,5	0,72	0	0,72
5	0,63	0	0,63
0	0,62	0	0,62
2005. július 17.			
12,5	1,49	0,61	2,11
10	1,98	1	2,99
7,5	1,49	0,43	1,92
5	1,47	0,59	2,07
0	2,01	0	2,01
2005. augusztus 15.			
12,5	1,60	1,04	2,65
10	2,21	1,66	3,87
7,5	1,52	1,95	3,47
5	1,58	0	1,58
0	2,14	0	2,14

Table 1: Development of leaf area index LAI ($m^2 \cdot m^{-2}$) in the case of *Rib* maintenance line

dose(1), plant(2), sprout(3), total(4)

A LAI növekedése azért kedvező, mert a fotoszintézis révén létrejött biomassza mennyisége feltételezhetően nő, több asszimilátumot tudnak beépíteni a szemekbe, javul a minőség, és kedvezőbb lesz a takarmányérték. A nagyobb sugárdózisok alacsonyabb növénymagasságot, és a főhajtást elérő vagy azokat meghaladó sarjhajtásokat

eredményeztek. A növénymagasság genetikai variabilitása a következőképpen alakult: a legkisebb növénymagasságot a 12,5 Gy *Zádor* esetében mértünk 48 cm-t, 12,5 Gy *Rib* populációban 65 cm-t felvételeztünk, míg a kontroll állomány átlagos magassága 110 cm volt. Megvizsgáltunk néhány lényeges fenológiai és morfológiai tulajdonságot, ezek a következőképpen alakultak: a növénymagasság 48-129 cm, a bugahossz 12-33 cm, a bugatömeg 3-54 g, a buga oldalág száma 9-37 db, az ezerszemtömeg 14-38 g között változott (3. táblázat).

2. táblázat

A levélterületi index LAI ($m^2 \cdot m^{-2}$) alakulása a *Zádor* szemes cirok hibridnél

Dózis (gray)(1)	Növény (lai)(2)	Sarjhajtás (lai)(3)	Összesen (lai)(4)
2005. június 17.			
12,5	0,69	0	0,69
10	0,70	0	0,70
7,5	0,58	0	0,58
5	0,51	0	0,51
0	0,49	0	0,49
2005. július 17.			
12,5	1,21	0,67	1,89
10	1,64	0,51	2,15
7,5	1,40	0,52	1,93
5	1,30	1,39	2,69
0	1,63	0	1,63
2005. augusztus 15.			
12,5	1,22	0,96	2,18
10	2,09	1,12	3,21
7,5	1,59	1,57	3,11
5	1,37	0	1,37
0	2,14	0	2,14

Table 2: Development of leaf area index in the case of *Zádor* sorghum grains

dose(1), plant(2), sprout(3), total(4)

EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

Megállapítottuk, hogy a morfológiai jegyeket érintő változások már a besugárzás évében jelentkeztek. 12,5 Gy dózissal besugárzott M_1 -állományban a mezőgazdaság számára kedvezőtlen mutánsokat kaptunk, amely hátrány a következőkben nyilvánult meg: átlagosan 6-8 nappal elhúzódó kelési és érési idő, frakcionált érés, ennek következtében egy éréscsoporttal hátrább sorolódtak ezek az egyedek. Ezek a jelenségek számunkra kedvezőtlenek, hiszen a nemesítési célunk éppen a koraiság. Az improduktív bugaképződés következtében jelentkező csökkent fertilitású és steril bugák miatt alacsony volt a Harvest-index, valamint a kontroll egyedektől elmaradt a kezelt növények szemtermése. Az M_2 -nemzedékben a *Rib* állomány esetében kiegyenlítettséget tapasztaltunk a növénymagasságban. A *Zádor* hibrid állomány meghasadt az M_2 nemzedékben. Az új tulajdonságok

és hasznos mutánsok megjelenése az M₃ nemzedékben várható. A vetéstől az 50%-os bugamegjelenésig eltelt napok száma 7-8 nappal növekedett, és a kontrollal egyidőben virágoztak a 7,5 Gy és a 10 Gy dózissal kezelt egyedek.

A 12,5 Gy Zádor M₁-nemzedékeknél dupla buga megjelenését, alacsony növénymagasságot és fokozott produktív bokrosodást tapasztaltunk egy növényen.

A 10 Gy Zádor M₂-generációjában már a csíranövénykorban extrém klorofill defektusos (albinó) növényeket észleltünk. Az albinó növényeket csíranövénykorban eltávolítottuk a szántóföldről, mert a klorofill hiányában napégési tüneteket mutattak, és később elpusztultak volna. A Zádor M₂-nemzedékében megfigyeltük a mutációk hasadását, az átlagtól eltérő növényeket külön megjelöltük, és azok magvait külön takarítottuk be. Nehézséget jelent a továbbiakban annak eldöntése, hogy a hímsteril anyavonalra, a sterilitást fenntartó

apavonalra, valamint a restoráló vonalra hasadt M₂-nemzedékből kiválogassuk a mutáció okozta változásokat, mivel a Zádor hibrid egész M₂-nemzedéke nagymértékű szegregációt mutatott. A differenciáltságot a növények kifejttkori növénymagasságából láthatjuk (57-140 cm magasságú növényeket mértünk a különböző sugárdózisoknál, míg a kontroll Zádor kifejttkori növénymagassága 110 cm volt).

A Rib fenntartó B vonal M₂-nemzedéke stabilabbnak mutatkozott mint a hibrid, az egész állomány kiegyenlített kifejttkori növénymagassággal rendelkezett (80-110 cm). A kontroll növény magassága 110 cm volt. A Rib esetében a növénymagasság csökkentése az egyik nemesítési célkitűzésünk. A növénymagasság változás könnyen mérhető tulajdonság, ezért a szelekciót már az M₂-nemzedékben megkezdjük, az alacsony növénymagasságra.

3. táblázat

Besugárzott Sorghum genotípusok jellemzése

Genotípus(1)	Dózis (gray)(2)	Növénymagasság (cm)(3)	Harvest index(4)	Buga hossza (cm)(5)	Buga oldalág száma (db)(6)	Ezerszem tömeg (g)(7)	Szemtermés (kg/m ²)(8)
Rib	0	105-117	0,4886	17-22	28-37	32,33	0,408
	5	99-129	0,4620	15-33	13-32	27,65	0,422
	7,5	70-124	0,6106	14-26	9-27	20,91	0,644
	10	88-125	0,5264	12-25	14-32	30,21	0,464
	12,5	65-105	0,2338	14-23	14-36	25,64	0,183
Zádor	0	100-120	0,4532	21-27	23-35	32,82	0,606
	5	80-120	0,4625	13-26	13-32	27,97	0,407
	7,5	90-118	0,5807	19-27	12-26	31,48	0,521
	10	68-106	0,4234	12-25	11-33	31,99	0,471
	12,5	48-119	0,2265	16-30	17-32	32,98	0,225

Table 3: Characterization of irradiated Sorghum genotypes genotypes(1), dose(2), plant height, cm(3), harvest index(4), length of panicle branches(5), number of panicle branches(6), 1000 kernel weight, g(7), grain yield, kg/m²(8)

KÖVETKEZTETÉSEK

Az általánosan használt gabonafélék (búza, kukorica) mellett olyan energiahordozó szemestakarmányokat is felhasználhatunk a szarvasmarha- és a baromfitakarmányozásban, amelyek szárazságtűrők, és a megváltozott hazai viszonyok között is jól termesztethetők. Ilyen EU-konform alternatív növény a szemes cirok.

Agronómiailag hasznos mutánsokat a 7,5 Gy és a 10 Gy sugárdózisoknál észleltünk, hiszen a kontroll egyedekhez képest 1-2 nappal hamarabb keltek ki és értek be, a fokozott produktív bugákat hozó sarjak miatt az összes levélterületi-index növekedett, amely kedvező irányba befolyásolja a képződött asszimiláták mennyiségét, és ennek következtében a minőséget. A Harvest-index és a szemtermés is növekedett ezeknél a dózisoknál. 5 Gy kezelésnél kisebb változások jelentkeztek. A leglátványosabb változást a 12,5 Gy Zádor esetében tapasztaltuk az

ikerbugák megjelenésével. Az M₂-nemzedékbe megfigyelt klorofill defektusos albinó csíranövényekből indukált kallusz növekedésnek indult. Az albinó növények felnevelése költséges, mert mesterségesen kellene biztosítani a növények számára az ATP-t is.

A mutáció révén olyan új és értékes, a mezőgazdaság és a környezetvédelem számára hasznosítható tulajdonságok alakíthatók ki, mint például a termőképesség növekedése, amely a fokozottabb produktív bokrosodásnak tulajdonítható. A mutáns növények utódaiból származó magok ezerszemtömege 21%-kal nőtt, valamint az epikutikuláris viaszréteg kedvező hatásának következményeként várákozásainknak megfelelően javítható a szárazságtűrő-képesség, továbbá hatékonyabbá tehető a CO₂ hasznosítás. A mutációs nemesítés hatékonyságát feltételezhetően tovább növelhetjük, ha a fizikai és a kémiai mutagén forrásokat kombináljuk.

IRODALOM

- Bálint A. (1966): Mezőgazdasági növények nemesítése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 381-383.
- Bányai L.-Barabás Z. (1962): A cirok és a szudánifű. Akadémiai Kiadó, Budapest, 135-142.
- Barabás, Z. (1962): Observation of sex differentiation in Sorghum by use of induced male sterile mutants, *Nature*, 195. 257-259.
- Bhaskara, R.-Reddi, R. (2005): A radiation induced highly productive mutant in sorghum *Radiation Botany* 15, 1, 29-32.
- Bozzinni, K.-Scarascia, J. (2003): Relative frequency of to morphological and sterility mutations induced in durum wheat by radiation and chemicals *Radiation Botany* 15, 31-33.
- Jenks, M.-Rich, J.-Rhodes, D.-Ashwotr, E.-Axtel, J.-Chang, K. (2003): Leaf sheat cuticular waxes on bloomless and sparsebloom mutants of Sorghum bicolor *Phytochemistry*, Vol. 54, Issue 6, 1 July 2000, 577-584.
- Liang, S.-Kofoid, K. (1998): A light-intensity sensitive chlorophyll mutant in Sorghum *Experimental Botany* 27. 5. 115-126.
- Pepó P.-Tóth Sz. (1999): Kukoricagénbank előállítás mutációval. *Növénytermelés*, 53, 3: 254.
- Premachandra, G. S.-Hahn, D. T.-Axtell, J. D.-Joly, R. J. (2003): Epicuticular wax load and water-use efficiency in bloomless and sparse-bloom mutants of Sorghum bicolor. *Environmental and Experimental Botany* 34. 3. 293-301.
- Rajki, E. (2003): Eucarpia XIX. International Conference on Maize and Sorghum. Barcelona, 42.
- Sree Ramulu, K.-Sree Rangasamy, S. R. (2004): An estimation of the number of initials in grain Sorghum using mutagenic treatments *Radiation Botany*, Vol. 12, Issue 1, February 2004, 37-43.
- Tóth Sz. (2001): Kukorica transzgresszív mutánsok kiválogatása diallél analízissel. PhD értekezés.