

A beltenyésztett cirok vonalak és kétvonalas hibridjeik egyes beltartalmi tulajdonságainak vizsgálata

PEPÓ PÁL-ERDEI ÉVA-KOVÁCSNÉ OSKOLÁS HENRIETT-
TÓTH SZILÁRD-SZABÓ ERZSÉBET

Debreceni Egyetem AGTC Kertészettudományi Intézet,
Növényi Biotechnológiai Tanszék, Genetikai és Nemesítési Csoport, Debrecen

Összefoglalás

A nagy mennyiségű növényi biomassza előállításához EU-konform energianövények szükségesek. Ilyen speciális biológiai alap a cirok is. A bioetanol célú felhasználás legfontosabb igénye a területegységenként kinyerhető minél nagyobb etanol kihozatal. Ennek komponensei: a magas termőképesség, az ezerszemtömeg, a keményítőtartalom és minőség, valamint a szemtermésben található keményítő-és fehérjetartalom aránya. A Kertészettudományi Intézet bemutatókertjében 2008-ban saját előállítású, kétvonalas cirokhibrideket vetettünk el. Célkitűzésünk az volt, hogy meghatározzuk a low input technológiával termesztett hibridek esetében a heterózis és a heterobeltiózis mértékét a keményítőre, a fehérjére, valamint az ezerszemtömegre nézve. Vizsgáltuk a beltartalmi mutatók közötti korrelációt. Az analízist a DA 7200 diódasoros NIR spektrométerrel végeztük.

A keményítőtartalom a kísérleti hibridek esetében 48,37-62,63% közötti intervallumban változott a vizsgált paraméter tekintetében. A hibridek között szignifikáns különbségeket találtunk. A legnagyobb érték az $SL_{1 \times RL_{12}}$ hibridet jellemezte. A nyersfehérjetartalom 9,43-17,7% szélsőértékek között változott, a legnagyobb értéket az $SL_{1 \times RL_{10}}$ esetében mértük. Negatív korrelációt találtunk a keményítő és a nyersfehérjetartalom között ($r=-0,9412^{***}$). A jobbik szülő átlagát mind fehérje, mind keményítőtartalomra nézve egyik hibrid sem haladta meg, tehát negatív heterobeltiózist tapasztaltunk. Minden hibridnél pozitív átlagos- és abszolút heterózióshatás volt tapasztalható a keményítőtartalomra nézve.

A keményítőre nézve pozitív volt az átlagos heterózis (1,9%), csakúgy, mint az ezerszemtömeg esetében (29,09), ennél a tulajdonságnál még pozitív heterobeltiózis is érvényesült.

Kulcsszavak: cirokhibridek, heterózis, heterobeltiózis, keményítőtartalom, proteintartalom

Examination of the nutritional values of inbred sorghum lines and their single cross sorghum hybrids

P. PEPÓ-É. ERDEI-H. KOVÁCSNÉ OSKOLÁS-SZ. TÓTH-E. SZABÓ

University of Debrecen Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences,
Institute of Horticulture, Department of Plant Biotechnology,
Genetics and Plant Breeding Group, Debrecen

Summary

To produce large amounts of biomass, EU conform energy plants are needed, such as sorghum. The most important factor is the highest ethanol yield per area which depends on high productivity, starch content and quality, starch/protein ratio in grain crop. We have sown own single cross sorghum hybrids in 2008 in the experimental garden of the Institute of Horticulture. Our aim was to determine the heterosis and heterobeltiosis of hybrids produced by low input technology from the aspects of starch, protein and thousand kernel weights. We examined the correlation between the nutritional values. The analysis was carried out by a DA 7200 diode array NIR spectrometer. We have performed correlation studies between nutritional values.

The starch contents of single cross hybrids varied between 48.37% and 62.63% in the case of the examined parameters. We have found significant differences between hybrids. The highest content was found in case of $SL_{1x}RL_{12}$. The protein content ranged between 9.43–17.7% and the highest value was observed in the case of $SL_{1x}RL_{10}$. A negative correlation was found between the starch and protein content ($r=-0.9412^{***}$). The mean value of the best lines was not exceeded by any of the hybrids, thus, a negative heterosis was found. As for of starch content, positive mean and absolute heterosis effects were found in the case of all hybrids.

The average heterosis (1.9%) was positive from the aspect starch. In the case of thousand kernel weight, the average heterosis 29.09% was positive, whereas the heterobeltiosis was also positive.

Key words: sorghum hybrids, heterosis, heterobeltiosis, starch content, protein content

Исследование некоторых свойств внутреннего содержания линий и двухлинейных гибридов инцухтированного сорго

П. ПЕПО–Е. ЭРДЕИ–Г. КОВАЧНЕ ОШКОЛАШ–С. ТОТ–Э. САБО

Дебреценский Университет, Институт Садоводства Центра Агро-Экономических Наук, Кафедра Растительной Биотехнологии, Группа Генетики и Селекции, Дебрецен

Резюме

Для производства большого количества растительной биомассы необходимые принятые ЕС энергетические растения. Такой специальной биологической основой является также и сорго. Самое важное требование использования для получения биоэтанола - выход как можно большего количества этанола с единицы территории. Компоненты этого: высокое плодородие, масса тысячи зёрен, содержание крахмала и его качество, а также соотношение содержания крахмала и белка в урожае зерна. В демонстрационном саду Садоводческого Научного Института в 2008 году посадили своего изготовления, двухлинейные гибриды сорго. Нашей целью было установить в случае гибридов, выращенных технологией low input, величину гетерозиса и гетеробелтиозиса (heterobeltiózis) на крахмал, на белок, и также на массу тысячи зёрен. Изучали корреляцию между показателями внутреннего содержания. Анализ проводили DA 7200 диодорядным NIR спектрометром.

Содержание крахмала в случае опытных гибридов изменялось в интервале 48,37–62,63% в отношении исследованного параметра. Среди гибридов обнаружили значительные различия. Самый большой показатель характеризовал гибрид $SL_{1x}RL_{12}$. Содержание сырого белка изменялось в рамках крайних показателей 9,43–17,7%, самую большую величины измерили в случае $SL_{1x}RL_{10}$. Обнаружили негативную

korrelációt a közepes szénhidrát- és fehérjetartalom között (r=-0,9412***). A közepes szénhidrát- és fehérjetartalomú szülőket a legjobb szülőként választották ki. A közepes szénhidrát- és fehérjetartalomú szülőket a legjobb szülőként választották ki. A közepes szénhidrát- és fehérjetartalomú szülőket a legjobb szülőként választották ki.

Röviden összefoglalva a közepes szénhidrát- és fehérjetartalomú szülőket a legjobb szülőként választották ki. A közepes szénhidrát- és fehérjetartalomú szülőket a legjobb szülőként választották ki. A közepes szénhidrát- és fehérjetartalomú szülőket a legjobb szülőként választották ki.

Kulcsszavak: hibridok, heterozis, heterobeltiosis, szénhidrát- és fehérjetartalom, szénhidrát- és fehérjetartalom

Bevezetés

Az energetikai célú biomassza termelés jelentősége fokozatosan növekszik a klímaváltozás és az energiahordozók importja miatt. A bioetanol előállítás céljaira nemesített, nagy keményítőtartalmú és alacsony fehérjetartalmú cirok-hibridek low input rendszerben is termesztethetők. A minőséget meghatározó beltartalmi összetevők közül, a fehérje-, az olaj- és a keményítőtartalmat nemesítéssel számottevően lehet befolyásolni. A bioetanol célú felhasználás legfontosabb igénye a területegységenként kinyerhető legnagyobb etanol kihozatal. Ennek komponensei: a nagy termőképesség, a keményítőtartalom, a keményítő minősége (amilóz-, amilopektin arány), valamint az erjeszthetőség. Az erjeszthetőség megállapítása laboratóriumi körülmények között költséges, ezért a nemesítő munka során molekuláris markerezéssel célszerű kiválasztani a legjobb etanol kihozatalt ígérő genotípusokat. A cirok a szélsőségesen száraz területeken a kukorica alternatívája lehet önmagában vagy kukoricával együtt vetve. E növényfaj tekintetében ugyan kevés eredmény áll rendelkezésre, potenciálisan bioetanol és biogáz előállítására egyaránt felhasználható. A cirok szárában könnyen emészthető szénhidrátok találhatóak, amelyekből az éréshez közeledve keményítő képződik a szemtermésben. Az etanolgyártás szempontjából lényeges a szemtermésben található keményítőtartalom meghatározása és korrelációja a fehérjével.

A NIR-technika a minta fizikai paramétereinek kémiai jellemzőkkel történő korreláltatására alkalmas. A közeli infravörös tartományban mért spektrumértékekből a fehérje és a keményítő meghatározható. A laboratóriumi enzimes vizsgálatok költségeinek csökkentését szolgálja a NIR-technikával meghatározható beltartalmi vizsgálat. A NIR készülék a vizsgált mintáról rövid idő alatt nagy mennyiségű információt szolgáltat, melynek értékelése matematikai-statisztikai módszerekkel történik. A cirokhibridek esetében a heterózishatás megmutatkozik a szülő vonalakhoz képest a korai virágzásban, a növénymagasságban és a hektáronkénti szemtermés- és biomassza hozamban.

Irodalmi áttekintés

A NIR-készülékkel analizált magas fehérje-emészthetőséggel rendelkező cirok rekombináns beltenyésztett vonalak (RILs) esetében a fehérjetartalom magas, míg a keményítőtartalom ezzel összefüggésben alacsonyabb. A cirok vonalak fehérje emészthetősége növekszik, a keményítőtartalma csökken. A vizsgált rekombináns beltenyésztett vonalak proteintartalma 11,51–14,35%-ig terjed, míg a keményítőtartalma 68,46–72,32%-ig (Joan *et al.* 2008). A keményítőtartalomnál a divergens szelekció eredményesen alkalmazható. A szelekció segítségével a keményítőtartalom növelhető (Eyherabide *et al.* 1995).

A Perten PDA 7000 NIR készülékkel cirokmagot vizsgáltak. A vizsgálat során a fehérje és a keményítő összetevőket korreláltatták és az r -értékek a következők voltak: -0,923 és -0,950 (Donough és Rooney 2007). Kiemelkedően nagyobb fehérjetartalmat mértek a kukorica ősnél (teosinte), mint a jelenleg termesztett kukorica hibrideknél. A teosinte, a tájfajták, és a kukorica beltenyésztett vonalak magösszetételét összehasonlítva megállapították, hogy magasabb volt a teosinte proteintartalma, és alacsonyabb a szénhidráttartalma, mint a tájfajtáknak és a beltenyésztett vonalaknak. A vizsgált teosinok átlagos proteintartalma 28,71%, szénhidráttartalma 52,92% volt. A kísérletbe vont kukorica-tájfajták proteintartalmának átlaga 12,13%, és a szénhidráttartalmának átlaga 71,16% volt. A vizsgálatban szereplő kukorica beltenyésztett vonalak átlagos fehérjetartalma 11,11% volt, míg a szénhidráttartalom 72,37%-os volt (Sherry *et al.* 2009).

Thokoza (2005) dél-afrikai cirok F_1 -hibridek, és azok szülői vonalát értékelte, valamint heterózist számoltak. Nagy heterózis volt tapasztalható a hektáronkénti hozamban (37,18%), a növénymagasságban (23,7%), míg alacsony teljes virágzási

időben (0,02%). Az átlagos heterózis- a fehérjetartalomra nézve negatív értéket mutatott (-12,35%). A hibrideknek alacsonyabb volt a fehérjetartalma, mint a szülői vonalaknak. A kísérletben gyenge negatív korrelációt találtak a fehérjetartalom és a termés hozam között (-0,35**).

A szénhidrát tartalom a cirok magok legnagyobb részénél 70–90%. A fehérjetartalom értékei széles határok között mozogtak (7,1–21,5%), míg a legmagasabb érték 21,5% volt.

A hibrideket és a szüleiket összehasonlítva a következő mennyiségi tulajdonságoknál találtak heterózist a cirokban: virágzás, növény magasság, oldalhajítás, szárát mérő, buga mérete, hektáronkénti hozam (*Thokoza* 2005).

A fehérje tápértékét kétféle cirokmintában vizsgálták. Az egyik mintacsoport fehérjetartalma 7,9%, míg a másik csoport fehérjetartalma 11,8% volt. A nagy fehérjetartalmú mintacsoportban mind a 17 féle aminosav nagyobb értéket mutatott, mint a kisebb fehérjetartalmú csoport. Mindkét mintában a lizin volt a leghiányosabb aminosav és a kéntartalmú aminosavak, valamint a threonin is alacsony volt (*Doyle et al.* 2010). A fehérje frakciókat tanulmányozták kísérletben *Mohammad et al.* (1979) 8,6–18,2% fehérjét tartalmazó cirokmintákban, 17,5–220 ppm N-ellátottság mellett. A N-ellátottság növekedésével az albumin globulin tartalom csökkent, míg a prolamin glutelin ellátottság nőtt. A nyersfehérje egyike a vetőmagban található legfontosabb kémiai összetevőknek. A nyersfehérje negatív korrelációban van a két másik összetevővel, a keményítővel és az olajjal (*Yuling et al.* 2009). *Hicks et al.* (2002) vizsgálták nyolc szemes cirok vonal és a hibridjeik nyersfehérje, nyerszsír, keményítő és fehérje emészthetőségét NIR-készülékkel, valamint mérték a magtömeg hatását a felsorolt minőségi paraméterekre. Szoros negatív korrelációt találtak a nyersfehérjetartalom és a keményítőtartalom, valamint a keményítőtartalom és a magtömeg között. Szoros pozitív korrelációt találtak a nyersfehérjetartalom és a magtömeg között.

BR007AA × BR012R és BR001A × BR012R szemes cirok hibridnél pozitív heterózist állapítottak meg a termés eredményre, szárazanyaghozamra, és negatív heterózis volt a nyersfehérje és a nyersrost között (*Thokoza* 2005).

Mohammad et al. (1993) 54 db szemes cirok genotípust vizsgáltak. A magas takarmányhozam korrelációt mutatott a késői éréssel, nagyobb bokrosodó képességgel, de alacsony nyersfehérjetartalmat és harvest index mutatót kaptak. A termőképesség kapcsolatban volt a nagy harvest indexszel, a nagyobb vetőmag számmal és mérettel, valamint alacsony növény magassággal. A

nagy nyersfehérje tartalom korrelált a nagy harvest indexszel és alacsony növénymagassággal, több savdetergens rostot mértek és korrelációt tapasztaltak a nagyobb növénymagassággal. A késői érés és a nagyobb növénymagasság korrelált a magas harvest indexszel.

Anyag és módszer

A Kertészettudományi Intézet bemutató kertjében, 2008-ban saját előállítású kétvonalas cirokhibrideket vetettünk el. A genetikai hátteret az 1. táblázat tartalmazza. Célkitűzésünk az volt, hogy meghatározzuk a low input technológia mellett termesztett hibridek esetében a heterózis mértékét a keményítőre és a fehérjére, valamint az ezermagtömegre.

1. táblázat. A vizsgált cukorcirok genotípusok köre

Hibridek (1)	Kódok jelentése (2)	Anyai vonal (3)	Kódok jelentése (2)	Apai vonal (4)	Kódok jelentése (2)
SL ₁ xRL ₄	RiaxSorgho sücré			RL ₄	Sorgho sücré
SL ₁ xRL ₇	RiaxMinnesota amber	SL ₁	Ria	RL ₇	Minnesota amber
SL ₁ xRL ₁₀	RiaxOdeskoe Ranee			RL ₁₀	Odeskoe Ranee
SL ₁ xRL ₁₂	RiaxEarly sumac			RL ₁₂	Early sumac

Table 1. The examined sweet sorghum genotype. (1) Hybrids, (2) Code, (3) Female lines, (4) Male lines.

A heterózis és a heterobeltiózis a következő két képlettel számolható ki:

$$\text{Heterózis} = \frac{[F_1 - (P_1 + P_2)/2]}{(P_1 + P_2)/2} * 100$$

F_1 = a hibrid vizsgált tulajdonságának átlaga

P_1 = az egyik szülő vizsgált tulajdonságának átlaga

P_2 = a másik szülő vizsgált tulajdonságának átlaga

$$\text{Heterobeltiózis} = \frac{[F_1 - HP] * 100}{HP}$$

HP = a legmagasabb szülői teljesítmény átlaga

A heterózishatás mértékének meghatározása során azt vizsgáltuk, hogy a beltenyésztett vonalakkal létrehozott hibridkombinációk tulajdonságai F_1 / mennyivel haladják meg a szülők átlagát /P/abszolút értékben. Az átlagos heterózis során megállapítottuk a heterózishatás mértékét F_1 -P/P a két szülő átlagához viszonyítva.

Meghatároztuk az egyes összetevők százalékos arányát az összes szárazanyagon belül és a vizsgált beltartalmi mutatók között összefüggéseket vizsgáltunk. Az analízist a DA 7200 diódasoros NIR spektrométerrel végeztük. A mérési eredményeinket befolyásolhatják a magról nehezen leváló pelyvavelek, amelyek a nemesítési alapanyagként szereplő vonalaknál előfordultak. A nehezen leváló pelyvaveleket kézi kalászcseplővel választottuk le a magról. A statisztikai értékeléshez az SPSS programcsomagot használtuk. Az eredmények kiértékelése többtényezős varianciaanalízissel történt.

Eredmények és azok kiértékelése

A vizsgált vonalok keményítőtartalmának értékei 33,9–64,03%-ig terjedtek. A legmagasabb értéket az RL_{12} minta mutatta. A vonalok között találtunk szignifikáns különbséget, a keményítőtartalmat illetően az $SzD_{5\%}$ értéke 0,28 volt. A vonalok fehérjetartalma 8,27–23,10%-ig terjedt. A legmagasabb értéket az RL_{10} vonalnál mértük. A vonalok között különbség volt a fehérjetartalmat illetően is, a szignifikáns differencia értéke 0,22 volt. A vonalok kiemelkedően magas fehérjetartalmat mutattak, amelyből arra következtetünk, hogy ezek a cirok vonalok értékes nemesítési alapanyagok. Magas fehérjetartalmat mértünk az RL_4 és az RL_7 vonalnál, amelynek értékei 18,63% és 19,83% (2. táblázat). Ezen vonalok hibridjeinél a fehérjetartalom csökkent. Az $SL_1 \times RL_4$ hibrid fehérjetartalma 17,67%-ra csökkent az apai vonalhoz képest, de pozitív heterózist számoltunk (3. táblázat). Az $SL_1 \times RL_7$ hibrid fehérjetartalma 12,7%-ra csökkent és negatív heterózist is tapasztaltunk. A legmagasabb ezerszemtömeg átlagértéket az RL_7 vonalnál mértük, amely 31 g volt (2. táblázat). A keményítőtartalom értékek 48,37–62,63% között változtak a kétvonalas hibridek esetében. $SL_1 \times RL_{12}$ hibridnél mértük a legmagasabb keményítőtartalmat és ezermagtömeget is (32,7 g). A keményítőtartalmat illetően találtunk szignifikáns különbséget a hibridek között ($SzD_{5\%}=0,22$). A fehérjetartalom intervalluma 9,43–17,7% volt. Az $SL_1 \times RL_{10}$ hibrid értéke 17,7%, amely a legnagyobb a vizsgált vonalok közül. A szignifikáns differencia értéke a fehérjetartalomra 0,25%

2. táblázat. A cirok restorer vonalak keményítő-, fehérjetartalma és ezermagtömege

Cirok vonalak (1)	Nedvesség % (2)	Keményítő % (3)	Fehérje % (4)	Ezermagtömeg g (5)
RL ₄	13,73	39,33	18,63	25,00
RL ₇	14,00	33,90	19,83	31,00
RL ₁₀	12,67	37,37	23,10	22,33
RL ₁₂	10,70	64,03	8,27	20,00
SL ₁	11,57	58,9	11,23	30,66
SzD _{5%} (6)	0,11	0,28	0,22	

Table 2. Starch-, protein content and kernel weight of sorghum restorer lines. (1) Sorghum lines, (2) Moisture, (3) Starch, (4) Protein, (5) Thousand kernel weight, (6) LSD_{5%}.

3. táblázat. A kétvonalas cukorcirok hibridek keményítő-és fehérjetartalma, valamint ezerszemtömege

Cirok hibridek (1)	Nedvesség % (2)	Keményítő % (3)	Fehérje % (4)	Ezermagtömeg g (5)
SL ₁ xRL ₄	12,03	52,37	17,67	33,30
SL ₁ xRL ₇	10,83	56,47	12,70	27,00
SL ₁ xRL ₁₀	11,27	48,37	17,70	28,70
SL ₁ xRL ₁₂	10,33	62,63	9,43	32,70
SzD _{5%} (6)	0,05	0,22	0,25	

Table 3. Starch-, protein content, thousand kernel weight of single cross sweet sorghum hybrids (1) Sorghum hybrids, (2) Moisture, (3) Starch, (4) Protein, (5) Thousand kernel weight, (6) LSD_{5%}.

Minden hibridnél pozitív átlagos, és abszolút heterózishatás volt tapasztalható a keményítőtartalomra nézve. A relatív heterózis értékei 0,49–21,7% közötti intervallumértékek, a két szülő átlagát a keményítőtartalomra nézve 21,7%-kal haladta meg az *SL₁xRL₇* vonal, amelynek keményítőtartalma 56,47% volt, és az abszolút heterózis is 10,07%. A legmagasabb keményítőtartalmat (62,63%-ot) mutató hibrid az *SL₁xRL₁₂* keményítőtartalomra vetített relatív heterózisa 1,9% volt, míg abszolút heterózisnak 1,17%-ot számoltunk. A jobbik szülő átlagát mind fehérje-, mind keményítőtartalomra nézve egyik hibrid sem

haladta meg, tehát negatív heterózist tapasztaltunk. A jobbik szülő az államilag elismert *Ria* vonal, míg a vizsgált vonalak és hibridek nem államilag elismertek.

A fehérjetartalomra számított átlagos és abszolút pozitív heterózis az $SL_1 \times RL_4$ és az $SL_1 \times RL_{10}$ kétvonalas hibridnél volt megfigyelhető. Az $SL_1 \times RL_4$ hibrid fehérjetartalomra számított átlagos heterózisa 18,35%, míg az abszolút 2,74% volt. A fehérjetartalma 18,35% relatív heterózist mutató hibridnek 17,67% volt. Az $SL_1 \times RL_{10}$ hibrid 3,14% relatív, míg 0,54% abszolút heterózist mutatott a fehérjetartalomra nézve. A hibrid fehérjetartalmának 17,7%-ot mérünk.

Az ezerszemtömege számítva mind az átlagos heterózis, mind a heterobeltiózis két hibrid esetében volt pozitív (4. táblázat). Az $SL_1 \times RL_4$ hibridnél az átlagos relatív heterózis 19,65%, míg az abszolút heterózis 5,47%. A hibrid ezerszemtömege nézve a jobbik szülő átlagát is meghaladta. A heterobeltiózis relatív értéke 8,61%, míg az abszolút 2,64%. A kétvonalas cukorcirokhibrid ezerszemtömege (33,3 g) volt a legnagyobb a vizsgált vonalak között (3. táblázat). Az $SL_1 \times RL_{12}$ hibrid ezerszemtömege 32,7 g, a relatív átlagos heterózis 29,09%, míg az abszolút 7,37% volt. A jobbik szülő átlagát 6,65%-kal, míg abszolút heterobeltiózisa számítva 2,04%-kal haladta meg. Az $SL_1 \times RL_{10}$ hibridnél az átlagos relatív és abszolút heterózis volt tapasztalható, míg a jobbik szülő átlagát nem haladta meg a hibrid az ezerszemtömeget illetően. A két szülő átlagát 8,32%-kal múlta felül, az ezerszemtömeg 28,7 g volt.

A szemek keményítőtartalma növekedett, miközben a fehérjetartalom csökkent. A keményítő és a fehérjetartalom alakulása között szoros negatív korrelációt tapasztaltunk ($r=-0,9412^{***}$). A lineáris regressziós egyenes képlete a következő: $Y=-2,0454x+81,865$. A keményítőtartalom és a nedvesség %-os értékének változása között közepes negatív kapcsolatot találtunk ($r=-0,684^{**}$). Az egyenes képlete a következő: $Y=-8,0891x+148,12$.

4. táblázat. A heterózis mértéke a NIR készülékkel meghatározott értékekre vonatkozóan a vizsgált hibrideknél

Heterózishatás mértéke a keményítőtartalomra				
(2)				
Keresztezések (1)	Heterózis		Heterobeltiózis	
	(5)		(6)	
	Átlagos (%) (7)	Abszolút (%) (8)	Átlagos (%) (7)	Abszolút (%) (8)
SL ₁ xRL ₄	6,63	3,25	-11,08	-6,53
SL ₁ xRL ₇	21,7	10,07	-4,12	-2,43
SL ₁ xRL ₁₀	0,49	0,24	-17,87	-10,53
SL ₁ xRL ₁₂	1,9	1,17	-2,18	-1,4

Heterózishatás mértéke a fehérjetartalomra				
(3)				
Keresztezések (1)	Heterózis		Heterobeltiózis	
	(5)		(6)	
	Átlagos (%) (7)	Abszolút (%) (8)	Átlagos (%) (7)	Abszolút (%) (8)
SL ₁ xRL ₄	18,35	2,74	-5,15	-0,96
SL ₁ xRL ₇	-18,22	-2,83	-35,95	-7,13
SL ₁ xRL ₁₀	3,14	0,54	-23,37	-5,4
SL ₁ xRL ₁₂	-3,28	-0,32	-16,02	-1,8

Heterózishatás mértéke az ezerszemtömegre				
(4)				
Keresztezések (1)	Heterózis		Heterobeltiózis	
	(5)		(6)	
	Átlagos (%) (7)	Abszolút (%) (8)	Átlagos (%) (7)	Abszolút (%) (8)
SL ₁ xRL ₄	19,65	5,47	8,61	2,64
SL ₁ xRL ₇	-12,42	-3,83	-12,9	-4,00
SL ₁ xRL ₁₀	8,32	2,21	-6,39	-1,96
SL ₁ xRL ₁₂	29,09	7,37	6,65	2,04

Table 4. The extent of heterosis concerning the values determined by the NIR device concerning the examined hybrids. (1) Crossings, (2) Heterosis for starch, (3) Heterosis for protein, (4) Heterosis for thousand kernel weight, (5) Heterosis, (6) Heterobeltiosis, (7) Relative heterosis, (8) Absolute heterosis.

IRODALOM

- Doyle, W.–Parrish, D.–Deyoe, W.: 2010. Nutritive value of protein in high and low protein content sorghum grain as measured by rat performance and amino acid assays. *Journal of Nutrition*. 88: 66.
- Donough, M.–Rooney, L.: 2007. Factors affecting Near Infrared Reflectance (NIR) analysis of whole kernel sorghum, Cereal Quality Laboratory. Texas University Cereal Chemistry. 75. 5: 634–638.
- Eyherabide, G.–Robutti, J.–Borras, F.: 1995. Effect of near-infrared transmission-based selection on maize hardness and the composition of zeins. *Cereal Chemistry*. 73. 6: 775–778.
- Hicks, C.–Tuinstra, M.–Pedersen, J.–Dowell, F.–Kofoid, K.: 2002. Genetic analysis of feed quality and seed weight of sorghum inbred lines and hybrids using analytical methods and NIRS. *Cereal Chemistry*. 78. 4: 412–416.
- Joan, R.–Sergio, C.–Dirk, B.–Ostilio, R.–William, L.: 2008. Effect of Grain Sorghum Protein Digestibility on Starch Gelatinization and Enzymatic Conversion to Glucose. ASABE Annual International Meeting. 2–8.
- Mohammad, J. M.–Shigekata, Y.–Yoshio, K.: 1979. Protein fractions in Sorghum grain under various levels of nitrogen application. *Japan Jour. Crop Science*. 49. 3: 502–503.
- Mohammad, D.–Cox, P. B.–Posler, G. L.–Kirkham, M. B.–Hussain, A.–Khan, S.: 1993. Correlation of characters contributing to grain and forage yields and forage quality in sorghum (*Sorghum bicolor* L.). 63. 2: 92–95.
- Sherry, A.–Garcia, F.–Anastasia, L.–Bodnar, M.–Scott, P.: 2009. Wide variability in kernel composition, seed characteristics, and zein profiles among diverse maize inbreds, landraces, and teosinte. *Theor. Appl. Genet.* 119: 1129–1142.
- Thokoza, L.: 2005. Evaluation of the heterotic potential of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] adapted to the Southern Africa region. *Plant Breeding*. 1–6.
- Yuling, L.–Yanzhao, W.–Mengguan, W.–Xuehui, L.–Jiafeng, F.: 2009. QTL identification of grain protein concentration and its genetic correlation with starch concentration and grain weight using two populations in maize (*Zea mays* L.) *Journal Genet.* 88: 61–67.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Pepó Pál–Erdei Éva–Kovácsné Oskolás Henriett–Dr. Tóth Szilárd–Szabó Erzsébet
Debreceni Egyetem AGTC Kertészettudományi Intézet
Növényi Biotechnológiai Tanszék
Genetikai és Nemesítési Csoport
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032