

## A kálium műtrágyázás hatása a kukorica hibridek bioetanol produkciójára

BOROS BEÁTA-SÁRVÁRI MIHÁLY

Debreceni Egyetem AGTC, Növénytudományi Intézet, Debrecen

### Összefoglalás

Magyarországon évente 150 millió liter bioetanol állítanak elő (a legjelentősebb mennyiséget Szabadegyházán). A közeljövőben több nagykapacitású bioetanol üzem építését tervezik. Hazánkban lecsökkent az állatállomány, a kukorica felesleget nem tudjuk takarmányként felhasználni, a kukorica árak a nemzetközi piacon nyomottak. Ezek is indokolhatják a kukorica ipari felhasználásának növelését. A bioetanol előállítás hatékonyságának növelése érdekében ki kell választani – tesztelés útján – az erre a célra legalkalmasabb hibrideket, és a technológiát is a felhasználási célnak megfelelően változtatni kell. Hiszen bioetanol előállításnál fontos, hogy a keményítőtartalom nagyobb legyen (70–75%). Mivel a N műtrágyák a fehérjetartalmat növelik, a K műtrágyák viszont a szénhidrát képződést segítik elő, ipari célú termesztés technológiánál a korábbi gyakorlathoz képest célszerűnek látszik a N kismértékű csökkenése és a K növelése az egyéb technológiai fegyelem betartása mellett.

A két kísérleti évben elért terméseredmények azt bizonyítják, hogy a kukoricából történő bioetanol előállításnál a keményítő tartalom mellett döntő vagy meghatározó tényező a hibridek termőképessége, az elért termés. Sőt a területegységről lehozható bioetanol szempontjából fontosabb a termőképesség, mint a keményítő százalék.

**Kulcsszavak:** kukorica hibridek, bioetanol, műtrágyázás, tesztelés

## **The effect of potassium fertilisation on the bioethanol production of maize hybrids**

B. BOROS–M. SÁRVÁRI

University of Debrecen, Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences,  
Institute of Crop Sciences, Debrecen

### **Summary**

The yearly bioethanol production in Hungary is 150 million litre (with the highest amount being produced in Szabadegyháza). In the near future, several high capacity bioethanol plants are planned to be established. In Hungary, the amount of livestock has been reduced, we cannot use up the maize surplus as forage and the maize prices on the international market are low. These could also motivate the increased industrial utilisation of maize. In order to increase the efficiency of bioethanol production, we have to choose the most adequate hybrids – by means of testing – and the applied technology has to be changed in accordance with the aim of utilisation, as starch content needs to be higher in bioethanol production (70–75%). Since N fertilisers increase protein content and K fertilisers improve carbohydrate production, it seems to be practical to slightly reduce N and increase K in industrial production technologies, while conforming to the technological discipline.

The yield results achieved in the two experimental years show that the yield potential and yield itself are also determinant factors in bioethanol production from maize besides starch content. Moreover, yield potential is more important than starch percentage from the aspect of the amount of bioethanol that can be produced on a unit area.

**Key words:** maize hybrids, bioethanol, fertilisation, testing

## Влияние калийного искусственного удобрения на продукцию биоэтанола кукурузных гибридов

Б. БОРОШ–М. ШАРВАРИ

Дебреценский Университет, Институт Растениеводства Центра  
Агро-Экономических Наук, Дебрецен

### Резюме

В Венгрии ежегодно изготавливают 150 млн л биоэтанола (самое большое количество в Сабадедьхазе). В ближайшем будущем планируют строительство нескольких крупных заводов по производству биоэтанола. В Венгрии сократилось поголовье домашних животных, излишек кукурузы не можем применять для их корма, цена кукурузы на мировом рынке низкая. Всё это может мотивировать рост использования кукурузы в промышленности. В интересах увеличения эффективности производства биоэтанола надо выбрать – тестированием – самые подходящие для этой цели гибриды, а также надо изменить и технологию в соответствии с целью использования. Ведь при производстве биоэтанола важно, чтобы содержание крахмала было больше (70–75%). Поскольку N удобрения увеличивают содержание белка, а K удобрения способствуют формированию углеводов, в технологиях для промышленных целей по сравнению с имеющимся опытом целесообразным выглядит не большое уменьшение N и увеличение K при сохранении прочих технологических норм.

Полученные результаты урожая за два года опытов доказывают, что при производстве биоэтанола из кукурузы вместе с содержанием крахмала важным или решающим фактором является плодородие гибридов, полученный урожай. Даже с точки зрения полученного с единицы территории биоэтанола более важна плодородность, чем процент крахмала.

**Ключевые слова:** гибриды кукурузы, биоэтанол, искусственные удобрения, тестирование

## Bevezetés

Magyarország 1,2 millió hektáron reálisan 8–9 millió tonna kukoricát tud megtermelni évente. A növénytermesztés-állattenyésztés kedvezőtlen 70:30 aránya következtében jelentős kukorica feleslegeink vannak, melyeket gazdaságosabb lehet itthon ipari célra felhasználni, mint a külpiacon értékesíteni. A magyarországi bioetanol ipar felfuttatása megoldaná a kukoricatermelők értékesítési gondjait, stabilizálná az agrárium helyzetét. Popp és Potori (2006) szerint a bioetanol-ipar új és erőteljesen bővülő felvevőpiac lesz a gabonafélék számára, ami kétségtelenül kedvező a gabonatermelőknek.

Az Európai Unió a tagállamokra nézve kötelező határozatot hozott a bioüzemanyagok motorhajtóanyagokon belüli részarányának 2020-ig 10%-ra történő növelésére. Azok az országok, melyek a megfelelő mennyiségű etanolt nem tudják saját maguk előállítani, viszont az etanol üzemanyagban történő részarányának növelése számukra is kötelező, importra szorúlnak. Ezért a Magyarországon előállítható etanolnak, és így az ehhez szükséges kukoricának is biztos piaca lesz hosszú távon. A kukoricából történő etanol előállítás gazdaságosan valósul meg számos országban (1. ábra).

Bioetanol számos növényből előállítható: őszi búza, kukorica, cukorrépa, cukornád, cukorcirok, burgonya, csicsóka. A felsorolt növények közül Magyarországon – a jelenlegi termelési körülmények között – kukoricából lehet a leghatékonyabban etanolt előállítani.

A bioetanol célú felhasználásra a magas keményítőtartalmú hibridek kedvezőek, ezért nagyon fontos a termesztési célnak megfelelő hibridválasztás. Az irodalmi adatok szerint a kukorica szárazanyagra számított keményítőtartalma 65–70%, azonban napjainkban vannak már olyan kukorica hibridek is, amelyek szemtermésének keményítőtartalma eléri a 75%-ot. Ezeket a nemesítőházak HTF (High Total Fermentable) jelöléssel különböztetik meg a takarmányozási célra kedvezőbb beltartalommal rendelkező hibridektől (magasabb fehérjetartalmúak).

Bár a minőségi paraméterek örökletesen meghatározottak (elsősorban a fehérje és olajtartalom), az ökológiai és agrotechnikai tényezők azt módosíthatják (Gundel *et al.* 1981, Kissné 1982, Pásztor és Kováts 1985, Nagy 1997, Izsáki 2006).

A biotanol előállítás hatékonyságát növelhetjük a termesztési célnak megfelelő technológiával, melyeknek legfontosabb elemei: a hibridválasztás, az

NPK tápanyagellátáson belül az N-P-K táparány változtatása, az optimum intervallumon belüli tőszámnövelése stb.

1. ábra. Európa jelentősebb bioetanol előállító országai által termelt bioetanol mennyisége (2004–2008)

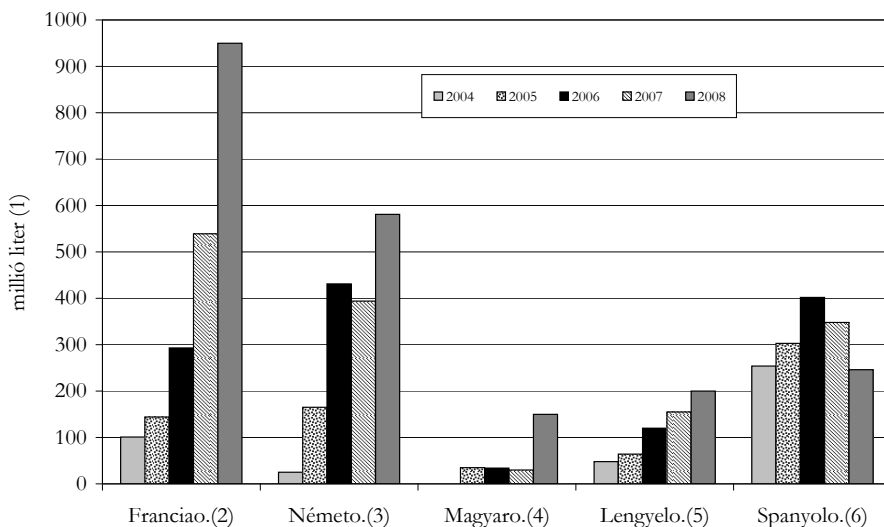


Figure 1. The quantity of bioethanol produced by the major bioethanol producing countries in Europe (2004–2008). (1) Million litre, (2) France, (3) Germany, (4) Hungary, (5) Poland, (6) Spain.

A N-trágyázás a kukorica fehérjetartalmát növeli, de mennyiségét alapvetően a fajta (hibrid) genotípusa határozza meg. Gyórfy *et al.* (1965) szerint a N-műtrágyázás növeli a kukorica fehérjetartalmát, de nem javítja a fehérje minőségét, mert hatására a kevésbé értékes aminosavak aránya nő. Az esszenciális aminosavak növekedési üteme elmarad a nem esszenciális aminosavak növekedésétől (Pekáry 1969, Breteler 1976, Decan és Pujol 1974, Veress 1973).

A kukorica hibridek fehérjetartalma a növekvő nitrogén szintek hatására csak egy bizonyos érték eléréséig nő, majd a növekedés üteme fokozatosan mérséklődik. A trágyázatlan körülményekhez viszonyítva a növekvő nitrogén műtrágyaadag hatására nagyobb arányú a termésnövekedés és kisebb a fehérjenövekedés (Prokszáné *et al.* 1995). Berzsényi és Varga (1986) is ezt a megállapítást teszi, miszerint a nitrogén műtrágyázásra a kukorica elsődlegesen a termés növekedésével válaszol, és másodlagosan a fehérjetartalom növekedésével.

Míg a fehérjetartalmat a N-műtrágya, addig az olaj- és keményítőtartalmat a P, K-műtrágyák növelik (*Getmanec és Kaljavzo* 1981). Ezért bioetanol célú termesztés esetén célszerű lehet a N műtrágya kismértékű növelése, amely a szénhidrát képzést segíti elő (*Sárvári és Boros* 2009.).

A kukorica termését meghatározó tényezők közül a növényszám 20%-kal részesül (*Győrffy* 1976). Nagyobb állománysűrűségben a műtrágyahatás is nő, ezért fontos a termesztési színvonalhoz és a termesztés céljához igazodó tőszám megválasztása (*Nagy* 1995).

A szem beltartalmi értékének változását vizsgálta *Prokszáné és Harmati* (1988). Eredményei alapján azt találta, hogy a területegységre vetített tőszám növelése esetén a keményítő tartalom növekedett, míg a fehérje, illetve az olajtartalom csökkent. Ennek az a magyarázata, hogy a tőszám növelésére, mint stresszhelyzetre a növény a nagyobb energiaigényű fehérje- olajsintézis folyamatok csökkentésével reagál.

A tőszám optimum intervallumon belül a felső értékhez közelítve, valamint az optimálisnál némileg nagyobb tőszám a fehérje és olajtartalmat csökkenti, keményítőtartalmat pedig növeli (*Sárvári és Szabó* 1998).

## Anyag és módszer

### *A kísérlet talajának jellemzése*

A kísérletet mindkét évben a hajdúsági löszháton elhelyezkedő csernozjom talajon végeztük.

A talaj Arany-féle kötöttségi száma 43, szervesanyag tartalma 2,92%,  $\text{NO}_3\text{-N}$  mennyiség 33,6 mg/kg,  $\text{P}_2\text{O}_5$  tartalma 313,6 mg/kg, a  $\text{K}_2\text{O}$  tartalma 354,8 mg/kg. Az AL oldható PK tartalom alapján a talaj P és K tartalma a vizsgálati eredmények szerint igen jó.

A talaj jó víz- levegő- és hógazdálkodású. Erre a talajtípusra jellemző a humuszanyagok felhalmozódása, a kedvező, morzsalékos szerkezet, valamint a kalciummal telített talajoldat kétirányú mozgása.

A szerves anyag szelvényen belüli eloszlását befolyásolja a talajlakó állatok tevékenysége. A termőréteg viszonylag mély és sok szerves anyagot tartalmazó morzsalékos szerkezetű, jó víz és tápanyag-gazdálkodású, a humuszos szint fokozatos átmenetet mutat. Az „A” szint kb. 90 cm, és csak árnyalati különbséggel megy át a „B” szintbe.

A talaj vízgazdálkodása igen jó, mert minden szintjének kiváló a vízáteresztése és víztároló képessége. Amennyiben 200 cm mélységig fel tud töltődni, akkor 500 mm vizet is képes tárolni, melynek fele holt, fele pedig diszponibilis – a növények számára is felvehető – víztartalom.

### Időjárási feltételek

Az általunk vizsgált 2 év (2007 és 2008) időjárása rendkívül eltérő volt.

#### 2007. évi időjárás értékelése

A 2007-es év száraz, aszályos volt. A legnagyobb csapadékhiány áprilisban, júniusban és júliusban mutatkozott, áprilisban 38,6 mm-rel, júniusban 64,1 mm-rel, július hónapban 22,7 mm-rel hullott kevesebb csapadék a 30 éves átlaghoz viszonyítva.

A kukorica tenyészidejében 53,9 mm-rel kevesebb csapadék hullott a sokévi átlaghoz viszonyítva, emellett még a kedvezőtlen eloszlása is hátráltatta a megtermékenyülést és a szentelítődést (2. ábra).

2. ábra. A hőmérséklet és csapadék viszonyok alakulása  
(Hajdúböszörmény 2007)

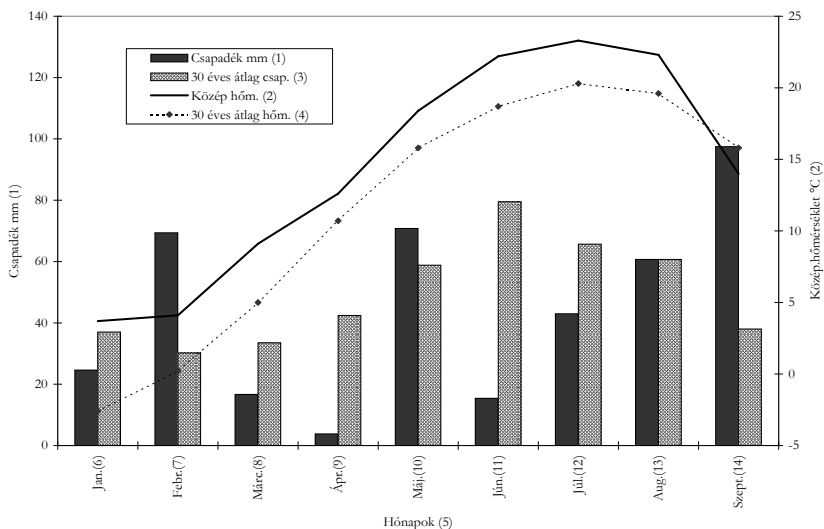


Figure 2. Temperature and rainfall (Hajdúböszörmény 2007). (1) Rainfall (mm), (2) Mean temperature °C, (3) 30-year average rainfall, (4) 30-year average temperature, (5) Months, (6) January, (7) February, (8) March, (9) April, (10) May, (11) June, (12) July, (13) August, (14) September.

A havi középhőmérséklet az I–VIII. hónapokban lényegesen magasabb volt a 30 éves átlaghoz viszonyítva, szeptember hónapban viszont alacsonyabb.

Januárban 6,3 °C-kal, februárban 3,9 °C-kal, márciusban 4,1 °C-kal, áprilisban 1,9 °C-kal, májusban 2,5 °C-kal, júniusban 3,5 °C-kal, júliusban 3,0 °C-kal, augusztusban 2,7 °C-kal volt magasabb a hőmérséklet a sokévi átlaghoz viszonyítva. A kukorica szempontjából különösen kedvezőtlen volt a júliusi magas hőmérséklet. Szeptember hónapban a havi középhőmérséklet 1,8 °C-kal alacsonyabb volt a 30 éves átlaghoz viszonyítva.

A kukorica tenyészidejében (IV–IX. hó) a hőmérséklet 30 éves átlaga 16,32 °C, a 2007. évi havi középhőmérséklet átlaga (IV–IX. hó) 18,78 °C volt, vagyis a kukorica tenyészidejében 1,96 °C-kal magasabb volt a havi középhőmérséklet átlaga a 30 éves átlaghoz viszonyítva.

#### *2008. évi időjárás értékelése*

A 2007-es évvel ellentétben 2008. év időjárása kedvező volt a kukorica számára. A kukorica tenyészidejében (IV–IX. hó.) a 30 éves csapadékátlag 345,1 mm, ehhez viszonyítva 2008-ban a tenyészidőben 77,3 mm-rel több csapadék hullott. Különösen csapadékos volt április, június és július hónap. Augusztus hónapban – országosan – a sokévi csapadéknak csupán egyharmada hullott, azonban Hajdúböszörményben csak 12,8 mm-rel kevesebb a 30 éves átlaghoz képest. A kukorica termékenyülése és a kezdeti szemtelítődése szempontjából különösen kedvező volt, hogy az átlaghőmérséklet a sokévi átlag körül alakult, a ténylegesen lehullott csapadék júliusban 125,9 mm volt, ez az érték 60,2 mm-rel volt több, mint a 30 éves átlag (3. ábra).

Összességében elmondhatjuk, hogy Hajdúböszörmény időjárása rendkívül kedvezően alakult a kísérleti években. A havi középhőmérsékleti értékek minden hónapban kismértékben meghaladták a 30 éves átlagot, ami megfelelő vízellátással is párosult. Ennek a következménye, hogy nagyon jó terméseredményeket értek el a fajták, még a korai érésű hibridek is.

#### *Kísérleti körülmények és az alkalmazott agrotechnika*

A kísérlet helye: Hajdúböszörmény, I-es kerület. Hajdúsági löszháton csernozjom talaj. A kísérleteket négy ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben állítottuk be.



3. ábra. A hőmérséklet és csapadék viszonyok alakulása  
(Hajdúböszörmény 2008)

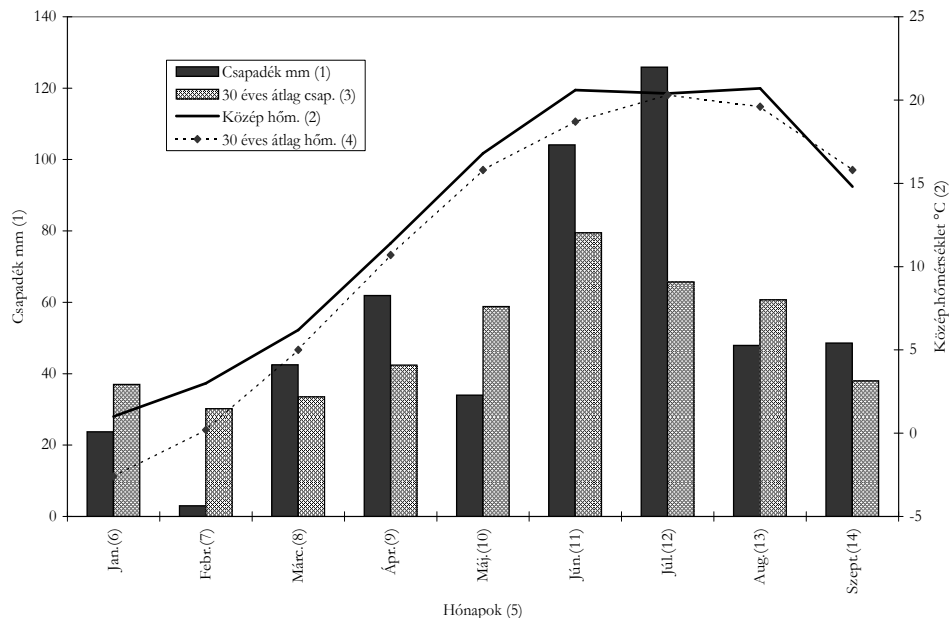


Figure 3. Temperature and rainfall (Hajdúböszörmény 2008). (1) Rainfall (mm), (2) Mean temperature °C, (3) 30-year average rainfall, (4) 30-year average temperature, (5) Months, (6) January, (7) February, (8) March, (9) April, (10) May, (11) June, (12) July, (13) August, (14) September.

Parcella mérete: Bruttó:  $3,04 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 15,2 \text{ m}^2$

Nettó:  $3,04 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 12,6 \text{ m}^2$

Tőszám: 1-3. hibrid: 73 ezer tő/ha,  
4-5. hibrid: 69 ezer tő/ha

### Tápanyagellátás

Azonos N 120, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80 kg/ha-os műtrágyakezelés mellett, a kálium formáját és adagját változtatva.

1. kezelés: (kontroll) K műtrágya nélkül
2. kezelés: 100 kg/ha KCl, (60%-os)
3. kezelés: 100 kg/ha Kornkáli (40%-os)
4. kezelés: 200 kg/ha KCl
5. kezelés: 200 kg/ha Kornkáli műtrágya

*A kísérletben beállított hibridek*

1. PR38B12 (FAO 310)
2. PR37D25 (FAO 330)
3. KWS 353 (FAO 350)
4. DKC 5211 (FAO 460)
5. PR36K67 (FAO 490)

A bioetanol hozam meghatározásánál több tényezőt vettünk figyelembe, beltartalmi paraméterek közül a szem keményítőtartalmát, a hektáronkénti terméshozam mellett a hektáronkénti keményítőhozamot és a kiejeszthető tiszta víztelenített alkohol tartalmát, mely alapvetően a nedves kiőrlésnél képződött CO<sub>2</sub> koncentráció alapján lett kiszámolva.

**Eredmények és értékelése**

Öt eltérő genetikai tulajdonságú kukoricahibridet teszteltünk, azonos N 120, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80 kg/ha-os műtrágyakezelés mellett, a kálium formáját és adagját változtatva.

A kísérlet hajdúsági löszháton – csernozjom talajon lett beállítva. Az időjárás 2007-ben szélsőséges volt. Különösen kedvezőtlenül érintette a kukorica növényeket a megtermékenyülés és szemtelítődés kezdeti időszakában a 3 °C-kal magasabb július havi középhőmérséklet.

A tesztelt hibridkukorica fajták ennek ellenére jól szerepeltek, kiemelkedő terméseredményeket értek el, aminek egyik magyarázata lehet, hogy a kísérlet kiváló talajon lett beállítva (*1. táblázat*). A talajban volt elegendő hasznos vízkészlet, míg monokultúrás termesztésnél már tavasszal a talajok a holtvíz-tartalomig ki voltak száradva, mivel az előző őszi és a 2007. év eleje száraz és aszályos volt.

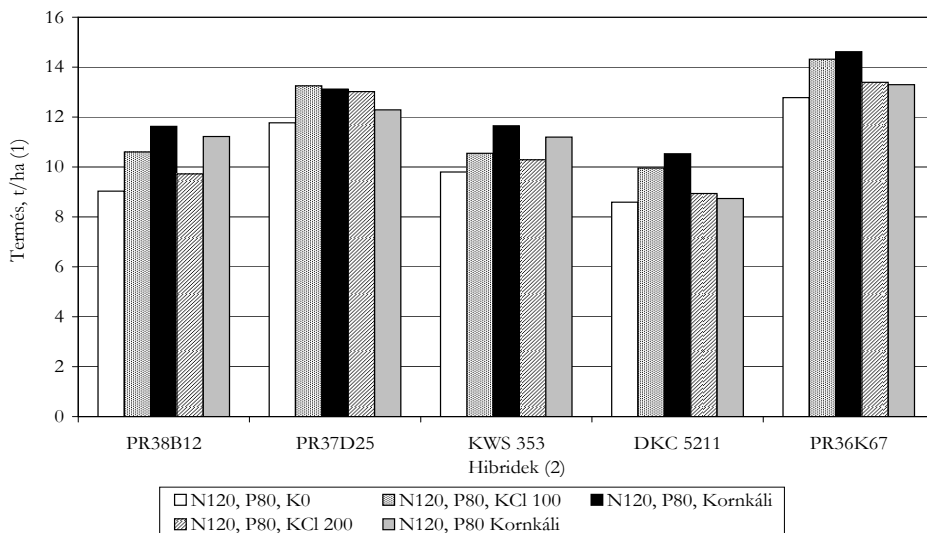
Mérési eredményeink szerint a PR37D25 és PR36K67 hibrid termése a többi vizsgált hibridhez viszonyítva szignifikánsan nagyobb, a DKC 5211 termése pedig szignifikánsan kisebb volt. A műtrágyakezelés és a termés közötti összefüggést értékelve látható, hogy a hibridek átlagában már a K műtrágyázás nélküli kezelésnél is 10,39 t/ha a termés, ehhez viszonyítva a 100 kg Kornkáli kezelés (egy esetben a KCl kezelés a PR37D25 hibridnél) 0,68–1,92 t/ha-ral növelte a területegységre vetített termést (*4. ábra*).

1. táblázat. A hibridek rangsorolása a műtrágyakezelés és a termés alapján  
(Hajdúböszörmény 2007)

| A hibrid neve<br>(1) | FAO<br>szám<br>(2) | Termés-<br>maximum<br>t/ha<br>(3) | Termésmaximumhoz tartozó<br>műtrágyakezelés<br>kg/ha hatóanyag<br>(4) |                                  |              |
|----------------------|--------------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|--------------|
| 1. PR36K67           | 490                | 14,62                             | N 120   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 | Kornkáli 100 |
| 2. PR37D25           | 330                | 13,25                             | N 120   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 | KCl 100      |
| 3. KWS 353           | 350                | 11,65                             | N 120   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 | Kornkáli 100 |
| 4. PR38B12           | 310                | 11,63                             | N 120   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 | Kornkáli 200 |
| 5. DKC 5211          | 460                | 10,53                             | N 120   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 | Kornkáli 200 |
| Átlag (5)            |                    | 12,34                             |   |                                  |              |

Table 1. Classification of hybrids based on fertilisation treatments and yield (Hajdúböszörmény 2007). (1) Hybrid name, (2) FAO number, (3) Maximum yield t ha<sup>-1</sup>, (4) Fertilisation treatment of the given yield maximum, kg active ingredient ha<sup>-1</sup>, (5) Average.

4. ábra. A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére  
(Hajdúböszörmény 2007)



SzD<sub>5%</sub> hibrid = 0,63 t/ha, SzD<sub>5%</sub> műtrágyázás = 0,59 t/ha, SzD<sub>5%</sub> kölcsönhatás = 1,32 t/ha.

Figure 4. The effect of fertilisation on the yield of maize hybrids (Hajdúböszörmény 2007). (1) Yield t ha<sup>-1</sup>, (2) Hybrids. LSD<sub>5%</sub> hybrid = 0.63 t ha<sup>-1</sup>, LSD<sub>5%</sub> fertilisation = 0.59 t ha<sup>-1</sup>, LSD<sub>5%</sub> interaction = 1.32 t ha<sup>-1</sup>.

Kísérleteinkben a szemtermések fehérjetartalma hibridektől és az NPK trágyakezeléstől függően 10,28–12,13% között változott, ami igen magas fehérjetartalomnak számít. Egyértelműen megállapítható, hogy az intervallumon belül is általában az N 120, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80, K<sub>2</sub>O 200 (KCl) kg/ha hatóanyag kezelésnél volt legmagasabb a fehérje százalék. A fajták tekintetében pedig a KWS 353 hibrid fehérje százaléka volt a legnagyobb, 11,71–12,35% közötti. Az alacsonyabb 11,71%-os fehérjetartalmat a kontroll (K kezelés nélküli) kezelésnél kaptuk (2. táblázat).

A legkisebb fehérje százalékot – a kezelések átlagában – a PR36K67 hibridnél mértük, 10,28%-ot. Az olaj százalék hibridtől és kezeléstől függően 4,87–5,19% között változott.

A hibridek szemtermésének keményítőtartalma is kedvezően alakult a vizsgált évben. A vizsgált öt hibridnél kezeléstől függően 71,79–73,5% között változott.

A legnagyobb keményítőtartalmat a PR37D25 hibrid mintáiban mértük, 73,59%-ot, a legkedvezőbb keményítő százalékot pedig (73,82%) az N 120, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80, K<sub>2</sub>O 200 (Kamex) kg/ha hatóanyag kezelésnél. A hibrid maximális termése 13,25 t/ha volt, ami kiemelkedően jó eredménynek számít.

A KWS 353 hibridnél a keményítő százalék a kezelések átlagában csak 71,79% volt, ugyanakkor már említettük, hogy a fehérje százaléka a legmagasabb volt 12,13%. Ezek alapján a hibrid bioetanol előállításra nem a legkedvezőbb tulajdonságokkal rendelkezik.

A kálium egyértelműen nem növelte a kukoricaszem keményítő százalékát, hiszen előfordult, hogy kálium műtrágyázás nélkül is kedvezően alakult pl. KWS-353 és PR36K67 hibrideknél. Ez természetesen a kedvező termőhelyi adottságnak, a talaj jó kultúr állapotának, az igen jó AL oltható K<sub>2</sub>O ellátottságának (354,8 mg/kg), továbbá a jó tápanyag szolgáltató képességének is köszönhető.

A 3. táblázatban bemutatott eredményekkel csak tendenciájában és elméletileg mutattunk rá a vizsgált kukorica hibridekből előállítható bioetanol mennyiségére, hiszen a termésmennyiség és a keményítőtartalom mellett a fermentálhatóság is fontos, amit 2008. évtől vizsgáltunk.

2. táblázat. A kálium műtrágyázás hatása a kukorica hibridek minőségére  
(Hajdúböszörmény 2007)

| Hibrid<br>(1) | Műtrágya-kezelés<br>(2) | Fehérje<br>%<br>(3) | Keményítő<br>%<br>(4) | Olaj<br>%<br>(5) | Szárazanyag<br>%<br>(6) |
|---------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| PR38          | N120 P80 K0             | 11,65               | 72,19                 | 4,93             | 91,34                   |
| B12           | N120 P80 KCl 200        | 12,34               | 72,70                 | 5,04             | 91,71                   |
|               | N120 P80 Kamex 200      | 11,78               | 72,51                 | 5,15             | 91,82                   |
| Átlag (7)     |                         | 11,92               | 72,47                 | 5,04             | 91,62                   |
| PR37          | N120 P80 K0             | 10,72               | 73,15                 | 4,99             | 91,51                   |
| D25           | N120 P80 KCl 200        | 10,92               | 73,81                 | 4,80             | 91,51                   |
|               | N120 P80 Kamex 200      | 10,64               | 73,82                 | 4,83             | 91,60                   |
| Átlag (7)     |                         | 10,76               | 73,59                 | 4,87             | 91,54                   |
| KWS           | N120 P80 K0             | 11,71               | 72,33                 | 5,22             | 91,70                   |
| 353           | N120 P80 KCl 200        | 12,35               | 71,74                 | 5,25             | 91,28                   |
|               | N120 P80 Kamex 200      | 12,33               | 71,31                 | 5,10             | 91,51                   |
| Átlag (7)     |                         | 12,13               | 71,79                 | 5,19             | 91,50                   |
| DKC           | N120 P80 K0             | 11,36               | 72,75                 | 5,12             | 91,51                   |
| 211           | N120 P80 KCl 200        | 11,31               | 72,30                 | 5,02             | 91,40                   |
|               | N120 P80 Kamex 200      | 11,21               | 72,85                 | 4,94             | 91,01                   |
| Átlag (7)     |                         | 11,29               | 72,63                 | 5,03             | 91,30                   |
| PR36          | N120 P80 K0             | 9,86                | 74,04                 | 4,86             | 91,49                   |
| K67           | N120 P80 KCl 200        | 10,65               | 73,49                 | 4,89             | 91,42                   |
|               | N120 P80 Kamex 200      | 10,33               | 73,20                 | 4,89             | 91,72                   |
| Átlag (7)     |                         | 10,28               | 73,57                 | 4,88             | 91,54                   |

Table 2. The effect of potassium fertilisation on the quality of maize hybrids (Hajdúböszörmény 2007). (1) Hybrid, (2) Fertiliser treatment, (3) Protein %, (4) Starch %, (5) Oil %, (6) Dry matter %, (7) Average.

A 2008.-as évben ugyanazon hibrideket termesztettünk, azonos NPK műtrágyakezelés mellett. Ennek az évnek az időjárása igen kedvező volt a kukorica-termesztés számára. A vizsgált hibridek közül a legnagyobb terméseredményeket a PR37D25 és PR36K67 hibridek érték el. Viszonylag jól szerepelt még a PR38B12 hibrid. A KWS 353 és DKC 5211 hibridek szerényebb terméseredményeket értek el (5. ábra)

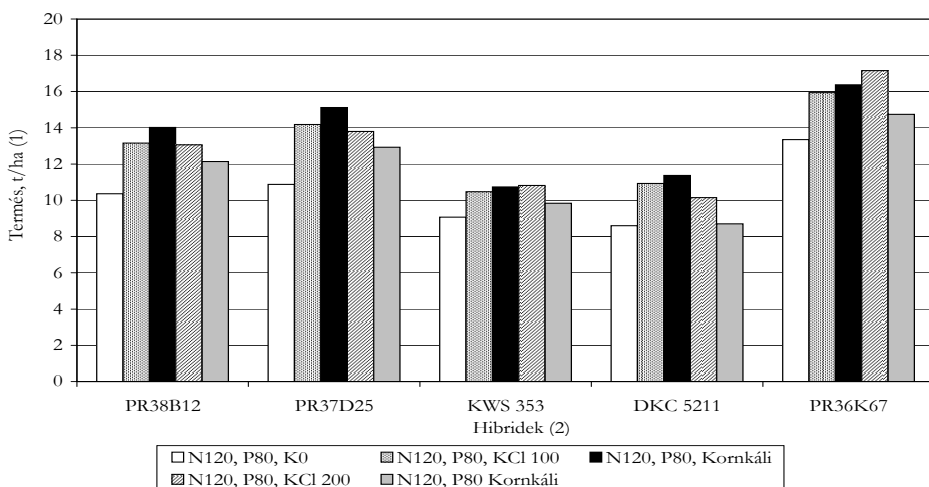
3. táblázat. *A hibridek maximális termése és keményítő hozama (Hajdúböszörmény 2007)*

| Hibrid neve<br>(1) | FAO<br>szám<br>(2) | Maximális<br>termés t/ha<br>(3) | Szárazanyag %-a<br>kezelések<br>átlagában<br>(4) | Termés<br>szárazanyag<br>átszámítva<br>(5) | Keményítő<br>t/ha<br>(6) |
|--------------------|--------------------|---------------------------------|--|--|--------------------------|
| PR38B12            | 310                | 11,63                           | 91,62  | 10,66                                      | 7,73                     |
| PR37D25            | 330                | 13,25                           | 91,54  | 12,13                                      | 8,93                     |
| KWS353             | 350                | 11,65                           | 91,50  | 10,66                                      | 7,65                     |
| DKC5211            | 460                | 10,53                           | 91,30  | 9,61                                       | 6,98                     |
| PR36K67            | 490                | 14,62                           | 91,54  | 13,38                                      | 9,84                     |

(1 tonna kukoricából az irodalmi adatok szerint 387 liter bioetanol nyerhető)

*Table 3.* The maximum yield and starch production of hybrids (Hajdúböszörmény 2007). (1) Hybrid name, (2) FAO number, (3) Maximum yield, t ha<sup>-1</sup>, (4) Dry matter % in the average of treatments, (5) Converted value of yield dry matter, (6) Starch t ha<sup>-1</sup>. (Based on bibliographic data, 387 litre bioethanol can be extracted from 1 t maize)

5. ábra. *A műtrágyázás hatása a kukorica hibridek termésére (Hajdúböszörmény 2008)*



SzD<sub>5%</sub> hibrid = 0,63 t/ha, SzD<sub>5%</sub> műtrágyázás = 0,29 t/ha, SzD<sub>5%</sub> kölcsönhatás = 0,64 t/ha.

*Figure 5.* The effect of fertilisation on the yield of maize hybrids (Hajdúböszörmény 2008). (1) Yield t ha<sup>-1</sup>, (2) Hybrids. LSD<sub>5%</sub> hibrid = 0.63 t ha<sup>-1</sup>, LSD<sub>5%</sub> fertilisation = 0.29 t ha<sup>-1</sup>, LSD<sub>5%</sub> interaction = 0.64 t ha<sup>-1</sup>.

A 2008-as tenyésztésben a havi középhőmérséklet minden hónapban kismértékben meghaladta a 30 éves átlagot, ami megfelelő vízellátással is párosult, ennek következtében kiemelkedő terméseredményeket értek el a hibridek, még a korai érésűek is. A vizsgált hibridek termése 9–17 t/ha között változott. Kiemelkedő hozam jellemezte a PR36K67 (FAO 490) hibridet, melynek termésmaximuma 17,15 t/ha volt. Ezt a kiváló terméseredményt az N 120, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80, K<sub>2</sub>O 200 (KCl) kg/ha hatóanyag kezelésnél érte el. A vizsgált hibridek közül három: a PR37D25, a PR38B12 és a DKC 5211 hibridek maximális termésüket 100 kg/ha Kornkáli kezelés mellett produkálták (4. táblázat).

A 2008. évi kiemelkedő terméseredmények elsősorban a kedvező évjáratnak és a hibridek genetikailag determinált jó termőképességének volt köszönhető.

4. táblázat. A hibridek rangsorolása a műtrágyakezelés és a termés alapján (Hajdúböszörmény 2008)

| A hibrid neve<br>(1) | FAO<br>szám<br>(2) | Termés-<br>maximum<br>t/ha<br>(3) | Termésmaximumhoz tartozó<br>műtrágyakezelés<br>kg/ha hatóanyag<br>(4) |                                  |              |
|----------------------|--------------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|--------------|
| 1. PR36K67           | 490                | 17,15                             | N 120   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 | KCl 200      |
| 2. PR37D25           | 330                | 15,12                             | N 120   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 | Kornkáli 100 |
| 3. PR38B12           | 310                | 14,02                             | N 120   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 | Kornkáli 100 |
| 4. DKC 5211          | 460                | 11,37                             | N 120   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 | Kornkáli 100 |
| 5. KWS 353           | 350                | 10,82                             | N 120   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 80 | KCl 200      |
| Átlag (5)            |                    | 13,70                             |   |                                  |              |

Table 4. Classification of hybrids based on fertilisation treatments and yield (Hajdúböszörmény 2008). (1) Hybrid name, (2) FAO number, (3) Maximum yield t ha<sup>-1</sup>, (4) Fertilisation treatment of the given yield maximum, kg active ingredient ha<sup>-1</sup>, (5) Average.

A kukorica hibridek beltartalmi paramétereit az 5. táblázatban láthatók. A keményítőtartalom 65,30–72,04% között alakult. A legnagyobb keményítő-tartalmakat a PR36K67 és a PR38B12 hibridek érték el, N 120, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80, KCl 200 kezelés mellett. Kedvezően alakult a PR37D25 hibrid keményítő %-a is (68,95–70,57%), az előző évihez hasonlóan, a legkedvezőbb keményítő százalékot az N 120, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80, K<sub>2</sub>O 200 (Kamex) kg/ha hatóanyag kezelésnél érte el.

5. táblázat. A kálium műtrágyázás hatása a kukorica hibridek minőségére  
(Hajdúböszörmény 2008)

| Hibrid<br>(1) | Műtrágya-kezelés<br>(2) | Fehérje<br>%<br>(3) | Keményítő<br>%<br>(4) | Olaj<br>%<br>(5) | Szárazanyag<br>%<br>(6) |
|---------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| PR38          | N120 P80 K0             | 9,52                | 68,51                 | 4,94             | 88,46                   |
|               | N120 P80 KCl 200        | 9,47                | 71,19                 | 5,02             | 89,28                   |
| B12           | N120 P80 Kamex 200      | 9,93                | 65,30                 | 4,97             | 88,46                   |
| Átlag (7)     |                         | 9,64                | 68,33                 | 4,97             | 88,73                   |
| PR37          | N120 P80 K0             | 9,21                | 68,95                 | 4,51             | 89,24                   |
|               | N120 P80 KCl 200        | 9,38                | 69,73                 | 4,37             | 89,52                   |
| D25           | N120 P80 Kamex 200      | 9,29                | 70,57                 | 4,38             | 88,53                   |
| Átlag (7)     |                         | 9,29                | 69,75                 | 4,42             | 89,10                   |
| KWS<br>353    | N120 P80 K0             | 10,42               | 68,11                 | 4,73             | 88,61                   |
|               | N120 P80 KCl 200        | 10,53               | 69,00                 | 4,86             | 87,72                   |
|               | N120 P80 Kamex 200      | 10,51               | 68,45                 | 4,37             | 89,08                   |
| Átlag (7)     |                         | 10,48               | 68,52                 | 4,65             | 88,47                   |
| DKC<br>5211   | N120 P80 K0             | 9,91                | 68,98                 | 4,58             | 88,81                   |
|               | N120 P80 KCl 200        | 9,90                | 69,26                 | 4,68             | 88,98                   |
|               | N120 P80 Kamex 200      | 9,56                | 69,23                 | 4,84             | 89,13                   |
| Átlag (7)     |                         | 9,79                | 69,16                 | 4,70             | 88,97                   |
| PR36<br>K67   | N120 P80 K0             | 9,05                | 68,69                 | 5,35             | 87,70                   |
|               | N120 P80 KCl 200        | 8,93                | 72,04                 | 4,90             | 88,97                   |
|               | N120 P80 Kamex 200      | 9,11                | 68,75                 | 4,88             | 87,88                   |
| Átlag (7)     |                         | 9,03                | 69,83                 | 5,04             | 88,18                   |

Table 5. The effect of potassium fertilisation on the quality of maize hybrids (Hajdúböszörmény 2008). (1) Hybrid, (2) Fertiliser treatment, (3) Protein %, (4) Starch %, (5) Oil %, (6) Dry matter %, (7) Average.

Kálium műtrágyázás nélkül az általunk vizsgált hibridek mindegyikénél a keményítőtartalom csökkent.

Kísérletünkben a fehérje százalék hibridtől és az NPK trágyakezeléstől függően 8,93–10,53% között változott, ami magas fehérjetartalomnak számít. Egyértelműen megállapítható, hogy az intervallumon belül is általában az N



120, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80, K<sub>2</sub>O 200 (KCl) kg/ha hatóanyag kezelésnél volt legmagasabb a fehérje százalék. Egyedüli kivétel a PR36K67 hibrid volt, amely ennél a kezelésnél érte el a legalacsonyabb – 8,93 % – fehérjetartalmat. A legnagyobb fehérje %-ot ebben az évben is a KWS 353 hibrid mintáiban mértük (10,42–10,53%). A kontroll (K nélküli) kezelésnél kaptuk az alacsonyabb (10,42%) fehérjetartalmakat.

A legkisebb fehérje százalékot – a kezelések átlagában – a PR36K67 hibridnél mértünk 9,03%-ot.

Az olaj százalék hibridtől és kezeléstől függően 4,37–5,35% között változott.

A kísérleti eredményeink alapján azt tapasztaltuk, hogy a hibridek keményítőtartalma mellett döntő tényező a termőképesség, ha az kiváló, akkor területegységről több keményítőt lehet lehozni, megfelelő kiejeszethetőség esetén pedig több bioetanol.

A 2008. évben a kukorica hibridek etanol hozama az alábbi volt: 1. PR36K67: 6500 l/ha; 2. PR37D25: 5700 l/ha; 3. PR38B12: 5600 l/ha; 4. DKC 5211: 4200 l/ha; 5. KWS 353: 4000 l/ha (6. ábra).

6. ábra. A kukorica hibridek hektáronkénti etanol hozama  
(Hajdúböszörmény 2008)

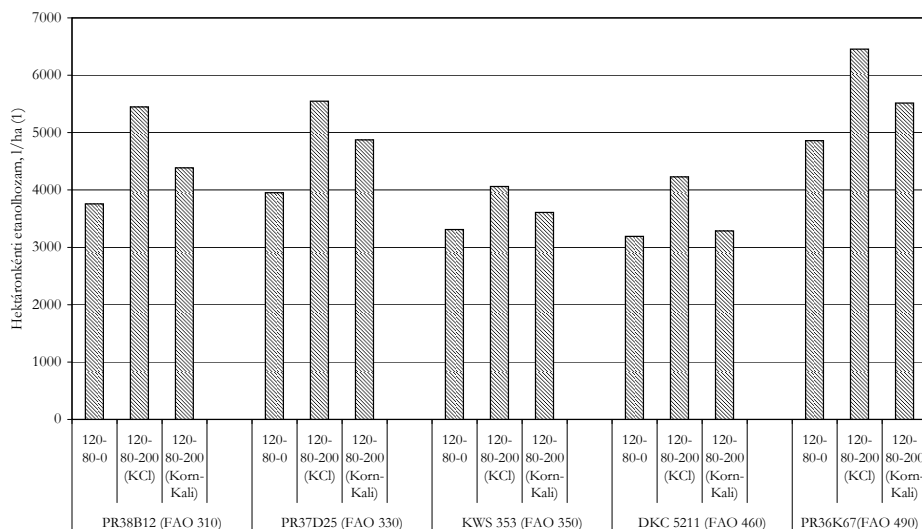


Figure 6. Maize hybrids' ethanol yield per hectare (Hajdúböszörmény 2008). (1) Ethanol yield per hectare, l ha<sup>-1</sup>.

A bioetanol kihozatalban rendkívüli nagy különbségeket (4000–6500 l/ha) a hibridek eltérő termőképessége, ill. termése eredményezte.

### Következtetések

Kísérletünkben a kálium műtrágyázás hatását vizsgáltuk a termésre és a keményítő százalék változására, egységes N 120, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80 kg/ha ellátás mellett.

A jövőben a minőséget a termesztési cél alapján kell megítélnünk és értékelnünk. Takarmányozási cél esetén kedvező lehet a magasabb fehérjetartalom, bioetanol előállítás szempontjából viszont ez mellékes, sőt kedvezőbb, ha alacsonyabb.

Megállapítható, hogy a világon a zöldenergiák, a bioetanol, biodízel előállítás nagy lendületet vett, hiszen belátható időn belül a fosszilis energiák (kőolaj, földgáz, szén stb.) ki fognak merülni. Azonban a fosszilis energiák helyettesítése vagy kiváltása bioetannal csak korlátozott lehet, hiszen azt alapvető élelmi-szernövényekből állítják elő. Például Braziliában cukornádból, az USA-ban, Franciaországban és hazánkban is főleg kukoricából.

### IRODALOM

- Berzsenyi Z.-Varga K.*: 1986. A kukoricahibridek optimális tőszámát és N- műtrágya reakcióját meghatározó tényezők vizsgálata tartamkísérletben. Georgikon Napok. Keszthely. PATE Kiadvány. 36–42.
- Breteler, H.*: 1976. Nitrogéntrágyázás hatása a magas lizintartalmú kukoricafajták hozamára és fehérje-összetételére. Agric. London 27. 10: 978–982.
- Decan, J.-Pujol, B.*: 1974. Az öntözés és a nitrogéntrágyázás által a különféle kukorica fajták termésének mennyiségére és minőségére gyakorolt hatások összehasonlító vizsgálata. Anuls. Argon. Paris. 25. 1: 93–110.
- Getmanec, A. J.-Kaljavzo, Sz. P.*: 1981. Vlijnie minerel'nuh udobrenij na kacsesztvo Zerna Kukuruzü. Agrohimija. Moszkva. 2: 146–153.
- Gundel, J.-Babinszky, L.-Kemenes, M.*: 1981. A silózással tartósított szemes kukorica takarmányértéke hízó sertések részére. Állattenyésztés és takarmányozás. Budapest. 30. 2: 107–115.
- Győrffy B.*: 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. Agrártudományi Közlemények. 35: 239–266.
- Győrffy B.-Isó I.-Bölöni I.*: 1965. Kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 411.
- Izsáki Z.*: 2006. A kukorica minőségorientált tápanyag-ellátása. Szántó föld. 10. 1: 7–12.
- Kiss I.-né.*: 1982. A fajtakérdés modern értelmezése. IKR. Bábolna.

- Nagy J.*: 1995. A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 44. 4: 493–506.
- Nagy J.*: 1997. A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéses termesztésben. *Agrokémia és Talajtan*. 46. 1–4: 275–288.
- Pásztor, K.–Kováts, A.*: 1985. Changes in the production of maize hybrids due to mutant parent lines. Acta relationship of hybrid maize. The Madras Agricultural Journal. New Delhi. 60. 8: 684–690.
- Pekár, K.*: 1969. N-P-K- Műtrágya adagolási kísérletek kukoricával két északkelet-magyarországi termőhelyen [In: Fő I. (szerk.) *Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968.*] Akadémiai Kiadó. Budapest. 186–201.
- Popp J.–Potori N.*: 2006. Agrárgazdasági Kutató Intézet. Budapest. 11: 10.
- Prokszáné P. Zs.–Harmati I.*: 1988. A kukorica hibridek keményítő-, fehérje- és olajtartalma. *Növénytermelés*. 37. 1: 17–26.
- Prokszáné P. Zs.–Széll E.–Kovácsné K. M.*: 1995. A nitrogén műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és néhány beltartalmi mutatójára eltérő évjáratokban réti öntés talajon. *Növénytermelés*. 44. 1: 33–42.
- Sárvári M.–Szabó P.*: 1998. A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére. *Növénytermelés*. 47. 2: 213–221.
- Sárvári M.–Boros B.*: 2009. Ipari célú kukoricatermesztés. *Agro Napló*. 13. 5: 33–34.
- Veress I.*: 1973. A kukoricaszem aminosavjainak változása nitrogénműtrágyázás hatására. *Növénytermelés*. 22. 2: 125–135.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Boros Beáta–Dr. Sárvári Mihály  
Debreceni Egyetem AGTC  
Növénytudományi Intézet  
Debrecen  
Böszörményi út 138.  
H-4032