

Az NPK műtrágyázás és a tőszám hatása a kukorica produktivitására bioetanol célú termesztésnél

Boros Beáta – Sárvári Mihály

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Növénytudományi Intézet, Debrecen
borosb@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A kukorica ipari (bioetanol) célú termesztéshez új termesztéstechnológiára van szükség. A kísérletünkben a célnak megfelelő hibrid tesztelés útján történő kiválasztásával foglalkoztunk, az NPK műtrágyázás, valamint a tőszám és a termés közötti összefüggést vizsgáltuk. A kísérleteket 2008-ban csernozjom talajon állítottuk be.

Bioetanol előállításnál fontos a jó termőképességű és magas keményítőtartalmú hibrid megválasztása. A termesztéstechnológia esetében a N kismértékű csökkentése, a kálium növelése, a tőszámoptimum intervallum felső értékének alkalmazása, és a teljes érésben való betakarítása javasolható, amikor a szárazanyag tartalom a 86%-ot megközelítette, valamint a fehérjéhez viszonyítva a keményítőtartalom a legnagyobb.

Kulcsszavak: kukorica, bioetanol, műtrágyázás, tőszám, tesztelés

SUMMARY

For industrial (bioethanol) production of maize, a new production technology is needed. I tested and selected hybrids appropriate for this purpose and set up fertilization and plant density experiments. The experiment were set up on chernozem soil in 2008.

In bioethanol production, the selection of a high-yielding hybrid with high starch content, a slight reduction of N, increase of potassium, the application of the highest plant densities of the optimum interval, harvest at full maturity (when starch content is the highest compared to protein content) are of great importance.

Keywords: maize, bioethanol, fertilization, plant, density

BEVEZETÉS

Magyarország 1,2 millió hektáron reálisan 8-9 millió tonna kukoricát tud megtermelni évente. A növénytermesztés-állattenyésztés kedvezőtlen 63:37%-os aránya következtében jelentős kukorica feleslegeink vannak, melyeket gazdaságosabb lehet itthon ipari célra felhasználni, mint a külpiacokon 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 utóbbi öt évben azonban nem csak a kukorica termésátlaga ingadozott nagymértékben, hanem a kukorica piaci ára is (1. ábra).

1. ábra: A kukorica termelői árának alakulása Magyarországon (2005-2009)

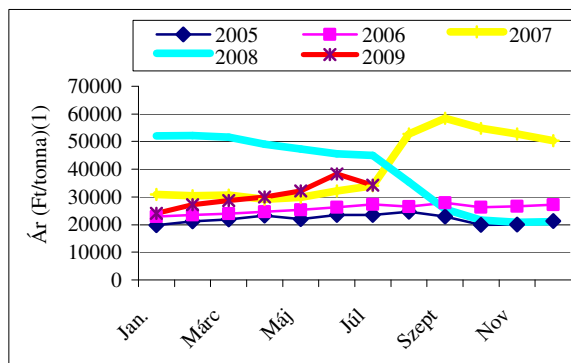


Figure 1: The maize producer price developments in Hungary (2005-2009)
Price(1)

A bioetanol nagyobb mértékű előállítását akadályozza Magyarországon, hogy a kukorica árához viszonyítva túl magas a hektáronkénti termesztési költség.

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, de az etanol üzemanyagban történő részarányának növelése számukra is kötelező, importra szorulnak. Ezért a Magyarországon előállítható etanolnak, és így az ehhez szükséges kukoricának is biztos piaca lesz hosszú távon. Az etanol előállítása kukoricából gazdaságosan valósul meg számos országban (2. ábra).

Magyarországon a jelenlegi termelési körülmények között kukoricából lehet a leghatékonyabban etanolt előállítani.

A bioetanol célú felhasználásra a magas keményítőtartalmú hibridek kedveznek, ezért nagyon fontos a termesztési célnak megfelelő hibridválasztás. Az irodalmi adatok szerint a kukorica szárazanyagra számított keményítőtartalma 65-70%, azonban napjainkban már vannak 75% keményítőtartalmú kukoricahibridek is (1. táblázat). Ezeket a nemesítőházak HTF (High Total Fermentable) jelöléssel különböztetik meg a takarmányozási célra kedvezőbb beltartalommal rendelkező hibridektől (magasabb fehérjetartalmúak).

2. ábra: Európa jelentősebb bioetanol előállító országai által termelt bioetanol mennyisége (2004-2008)

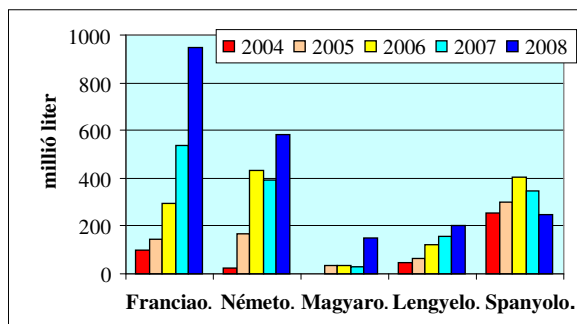


Figure 2: Europe's major bioethanol producing countries by volume of bioethanol production (2004-2008)

1. táblázat

Kukoricahibrid választás a felhasználás célja szerint

Takarmányozási célra(1)	Ipari célra(2)
PR38B12 (310)	PR37D25 (330)
DKC 3511 (320)	P9400 (330)
DK 440 (330)	MV Koppány (430)
Db SC377 (340)	PR36D79 (440)
KWS 353 (350)	NK Fortius (450)
PR37M81 (360)	MV Miranda (460)
DKC 4490 (360)	PR36K67 (490)
DKC 5211 (460)	PR35F38 (520)

Table 1: Grouping of maize according to the purpose Animal nutrition(1), Industrial purposes(2)

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Pepó (2007) megállapítja, hogy a kukoricából történő bioetanol-gyártás során napjainkban a kukorica szemtermésének nedves őrlésével keményítőt, majd – élesztőgombák felhasználásával – ebből alkoholt állítanak elő. A gyártás hatékonysága jelentősen nőtt az elmúlt időszakban.

A biotanol előállítás hatékonyságát növelhetjük a termesztési célnak megfelelő technológiával, melyeknek legfontosabb elemei: a hibridválasztás, az NPK tápanyagellátáson belül az N-P-K tápanyag változtatásával, az optimum intervallumon belüli tőszám-növeléssel, stb.

Getmanec és Klajavzo (1981) megállapította, hogy míg a fehérjetartalmat a N-műtrágya, addig az olaj- és a keményítőtartalmat a P, K műtrágyák növelik. A N-trágyázás a termés mellett a fehérjetartalmat is növeli (Győrffy és mtsai, 1965; Pekáry, 1969; Breteler, 1976; Decan és Pujol, 1974).

Prokszáné et al. (1995) arról számoltak be, hogy a növekvő nitrogén adagok hatására az összes hibrid átlagában matematikailag igazolhatóan csökkent a keményítőtartalom.

A kukorica termését meghatározó tényezők közül a növényszám 20%-kal részesül (Győrffy, 1976). Nagyobb állománysűrűsége 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 (1988). Eredményei alapján azt találta, hogy a denzitás fokozására a keményítőtartalom növekedett, míg a fehérje-, illetve az olajtartalom csökkent. Ennek az a magyarázata, hogy a sűrűség növelésére, mint stresszhelyzetre a növény a nagyobb energiaigényű fehérje-, olajsintézis folyamatok csökkentésével reagál.

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

ANYAG ÉS MÓDSZER

A bioetanol előállítással összefüggő tápanyagellátási és tőszámsűrítési kísérleteket a hajdúszági löszháton elhelyezkedő csernozjom talajon végeztük 2008-ban. A kísérlet Hajdúböszörményben került beállításra.

A kísérleti terület talajának Arany-féle kötöttségi száma 43, szervesanyag-tartalma 2,92%, NO₃-N mennyiség 33,6 mg/kg, P₂O₅ tartalma 313,6 mg/kg, K₂O tartalom 354,8 mg/kg. AL oldható foszfor- és káliumtartalma a vizsgálati eredmények szerint igen jó. A talaj jó levegő- és hőgazdálkodású. A humuszanyagok felhalmozódása kedvező, morzsalékos szerkezet kialakulása, valamint a kalciummal telített talajoldat kétirányú mozgása a jellemző.

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

2008. év időjárása kedvező volt a kukorica számára. A hőmérséklet és a csapadék alakulása 2008. évben a 3. ábrán látható.

3. ábra: Hőmérséklet és csapadék alakulása (Hajdúböszörmény 2008)

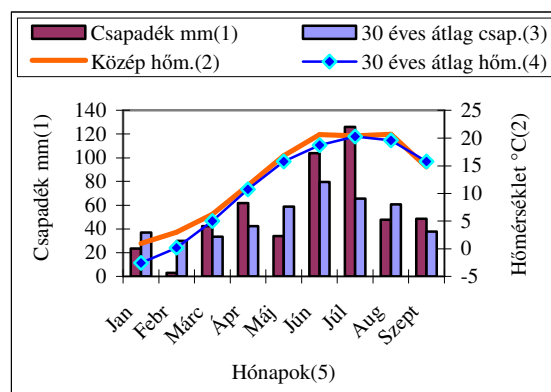


Figure 3: Temperature and weather data (Hajdúböszörmény, 2008)

Monthly precipitation(1), Temperature(2), Average precipitation of 30 years(3), Average of 30 years(4), Monthly(5)

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 az április, június és július hónap. Augusztus hónapban országosan a sokévi csapadéknak csak egyharmada hullott, azonban Hajdúböszörményben ez az arány csaknem 80%.

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, 60,2 mm-rel több a 30 éves átlagnál.

Kísérleti körülmények:

A tápanyagellátási kísérletben öt eltérő genetikai adottságú kukoricahibridet teszteltünk, öt különböző NPK műtrágyakezelés mellett: a kijutatott hatóanyag egységesen 120 kg N, egységesen 80 kg P₂O₅ hatóanyag volt hektáronként, a K formáját és hatóanyag-tartalmát változtattuk a különböző kezeléseknél:

1. kezelés K nélküli, a
2. kezelés 100 kg /ha KCl-ot, a
3. kezelés 100 kg /ha Kornkálit, a
4. kezelés 200 kg /ha KCl-ot, az
5. kezelés 200 kg/ha Kornkálit kapott.

A kísérleteket négy ismétlésben állítottuk be.

A tőszámsűrítési kísérletben tíz eltérő genetikai tulajdonságú kukoricahibridet teszteltünk hat különböző tőszámon. Az alkalmazott tőszám: 20-100 ezer volt hektáronként, 10 ezer tő/ha-os lépcsővel változtatva. A tápanyagellátás egységesen 120 kg N,

80 kg P₂O₅ és 110 kg K₂O hatóanyag volt hektáronként.

Mindkét kísérletet négy ismétlésben állítottuk be. A kísérletek kiértékelését varianciaanalízissel és parabolikus regressziós analízissel végeztük.

A vizsgált paraméterek a nyersfehérje-tartalom, a keményítőtartalom, az olajtartalom %-os meghatározásban szárazanyagra vetítve.

A beltartalmi paraméterek vizsgálatát a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézetben, Dr. Győri Zoltán munkatársai segítségével végeztük el. A keményítőtartalom meghatározása az MSZ 6830/18-1988 szabvány szerint történt, a fehérjetartalom meghatározása roncsolásos módszerrel (MSZN ISO 5983-1), az olajtartalmat Soxtec félautomata készülékkel mérték (MSZ 6830/6-84).

EREDMÉNYEK

A 2008-as tenyészévben a havi középhőmérséklet minden hónapban kismértékben meghaladta a 30 éves átlagot, ami megfelelő vízellátással is párosult, ennek következtében nagyon jó, kiemelkedő terméseredményeket értünk el, még a korai érésű hibridekkel is. A vizsgált hibridek termése 9-17 t/ha között változott. Kiemelkedő terméseredményt ért el a PR36K67-es FAO 490-es hibrid, melynek termésmaximuma 17,15 t/ha volt. Ezt a N 120, P₂O₅ 80, K₂O 200 (KCl) kg/ha hatóanyag kezelésnél érte el (4. ábra).

4. ábra: A műtrágyázás hatása a kukoricahibridek termésére (Hajdúböszörmény, 2008)

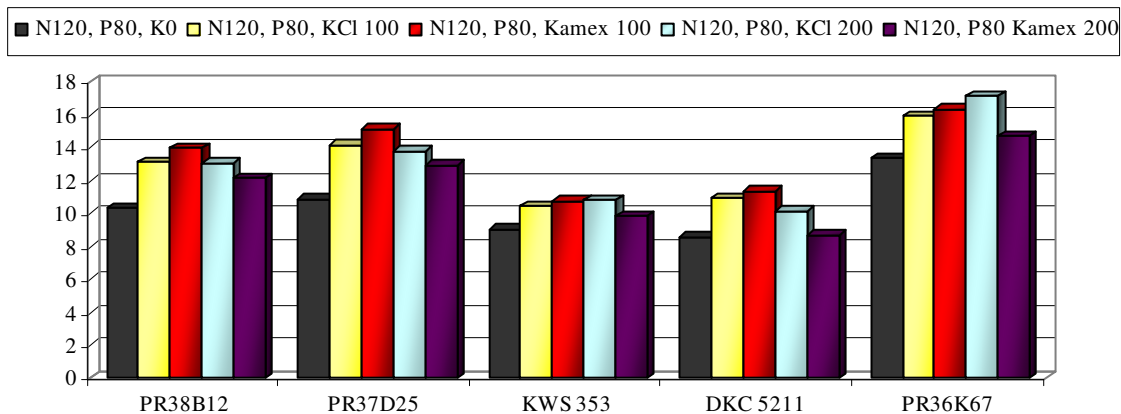


Figure 4: The effect of fertilization on the yield of maize hybrids (Hajdúböszörmény, 2008)

A hibridek zöme maximális termésüket a N120, P₂O₅80, Kamex 100 kezelés mellett érte el. Az SzD5% alakulása: hibrid=0,63 t/ha, műtrágya=0,29 t/ha, kölcsönhatás=0,64 t/ha. AKWS353 és DKC5211-es hibridek termése szignifikánsabb kisebb volt a vizsgált hibridekhez viszonyítva.

A bioetanol előállítás hatékonyságát nemcsak a nagyobb keményítőtartalmú, hanem a nagyobb termőképességű hibridek választásával is növelhetjük. Hiszen a területegységre vetített előállítható bioetanol mennyiségét a hibridek

keményítő tartalmától (%) még nagyobb mértékben befolyásolja a hektáronkénti keményítőhozam, amely szoros összefüggésben van a területegységre vetített termékkel. Vizsgálataink szerint a PR37D25 és a P36K67-es hibridek hektáronkénti bioetanol hozama nagyságrendekkel nagyobb, pl. a KWS 353, PR38B12 és a DKC 5211-es hibridekétől (5. ábra). A hektáronkénti etanol hozam valamennyi vizsgált hibrid esetében a N120, P80, K200 (KCl) kezelésnél volt a legmagasabb, hibridtől függően 4000 és 6500 liter között alakult.

5. ábra: A kukoricahibridek hektáronkénti etanol hozama, l/ha (Hajdúböszörmény, 2008)

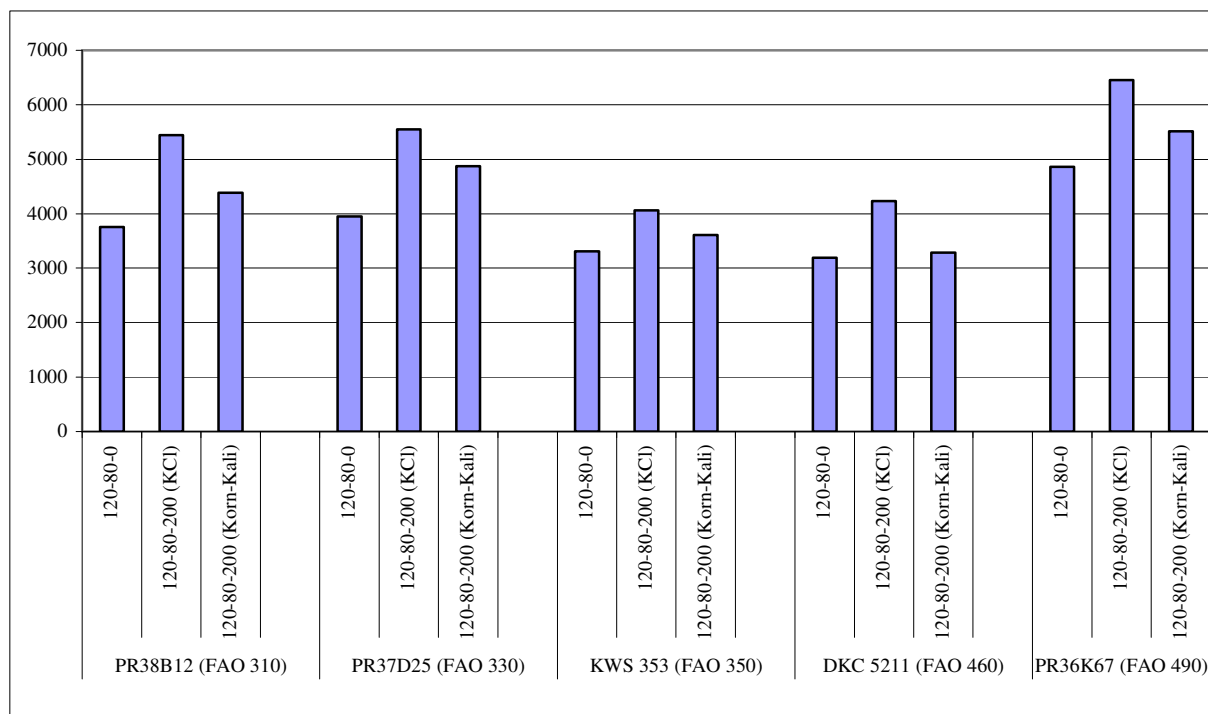


Figure 5: The ethanol yield per hectare of maize hybrids (Hajdúböszörmény, 2008)

Az optimális tőszám hibridspecifikus, melyet jelentősen módosíthat a termőhelyi adottság, az évjárat hatása, ill. a víz- és a tápanyagellátás mértéke. Az optimális tőszám mellett meg kell határozni a tőszámoptimum intervallumot, azt az intervallumot, amit a hibridek még termésnövekedés nélkül elviselnek.

A kedvező talajadottság és az átlag fölötti csapadékellátottság következtében igen szoros volt a tőszám és a termés közötti összefüggés (6. ábra). Az NK Symba és a DKC4490 hibridek az alacsonyabb tőszámokon is jó terméseredmény elérésére voltak képesek. A hibridek zöme azonban a hektáronkénti 70-80 ezres tőszámon érte el a maximális termést. A tőszám és a termés közötti összefüggés a legszorosabb a PR38A79-es hibridnél volt. Még az NK Altius és az Mv Tarján termése a 65-70 ezer tő/ha feletti állománysűrűség esetén jelentősen csökkent. Az SzD 5% hibrid esetén 0,97 t/ha, tőszám esetén 0,26 t/ha, kölcsönhatás esetén 1,26 t/ha.

Többéves vizsgálati eredménnyel bizonyított, hogy a tőszámoptimum intervallumon belül a felső értékhez közelítve a fehérje- és olajtartalom csökken, a keményítőtartalom nő.

A kukoricából történő bioetanol gyártás során a kukorica szemtermésének nedves őrlésével keményítőt, majd elfolyósítás és cukrosítás után élesztőgombák felhasználásával ebből alkoholt

állítanak elő. Az ipar olyan kutatásokat végez, hogy a keményítőtől az alkohol kiejtés hatékonysága is nőjön. A keményítőtől az alkohol tökéletesebb kiejtésére baktérium tenyészetek is szóba jöhetnek. A gyártás hatékonysága az elmúlt években is nőtt. Jelenleg 1 tonna kukoricából 387 l bioetanol (víztelenített alkoholt) lehet előállítani. Melléktermékként takarmánnyként felhasználható fehérje keletkezik. Bioetanol előállításához azért is kedvezőbbek a nagyobb termőképességű hibridek, mert azoknak egyébként a fehérjetartalmuk általában kisebb. A termőképesség és a fehérjetartalom negatív korrelációban van. Bioetanol előállításnál a fehérjetartalom felesleges terméknek minősülhet (Sárvári és Boros, 2009). Azonban melléktermékként takarmánnyként hasznosítható.

A tőszámoptimum intervallumon belül a némileg nagyobb tőszám a fehérje- és olajtartalmat csökkenti, a keményítőtartalmat növeli, ami összefüggésbe hozható a bioetanol előállítás hatékonyságának növekedésével.

A Mezőgazdaságtudományi Kar Növénytan Intézetében jelenleg is kutatásokat végzünk a bioetanol hatékonyság növelését szolgáló termesztéstechnológia fejlesztésével, és a célunk megfelelő hibridspecifikus tesztelésekkel, melyek eredményeit a későbbiekben is folyamatosan publikálni fogjuk.

6. ábra: A tőszám hatása a kukoricahibridek termésére (Hajdúböszörmény, 2008)

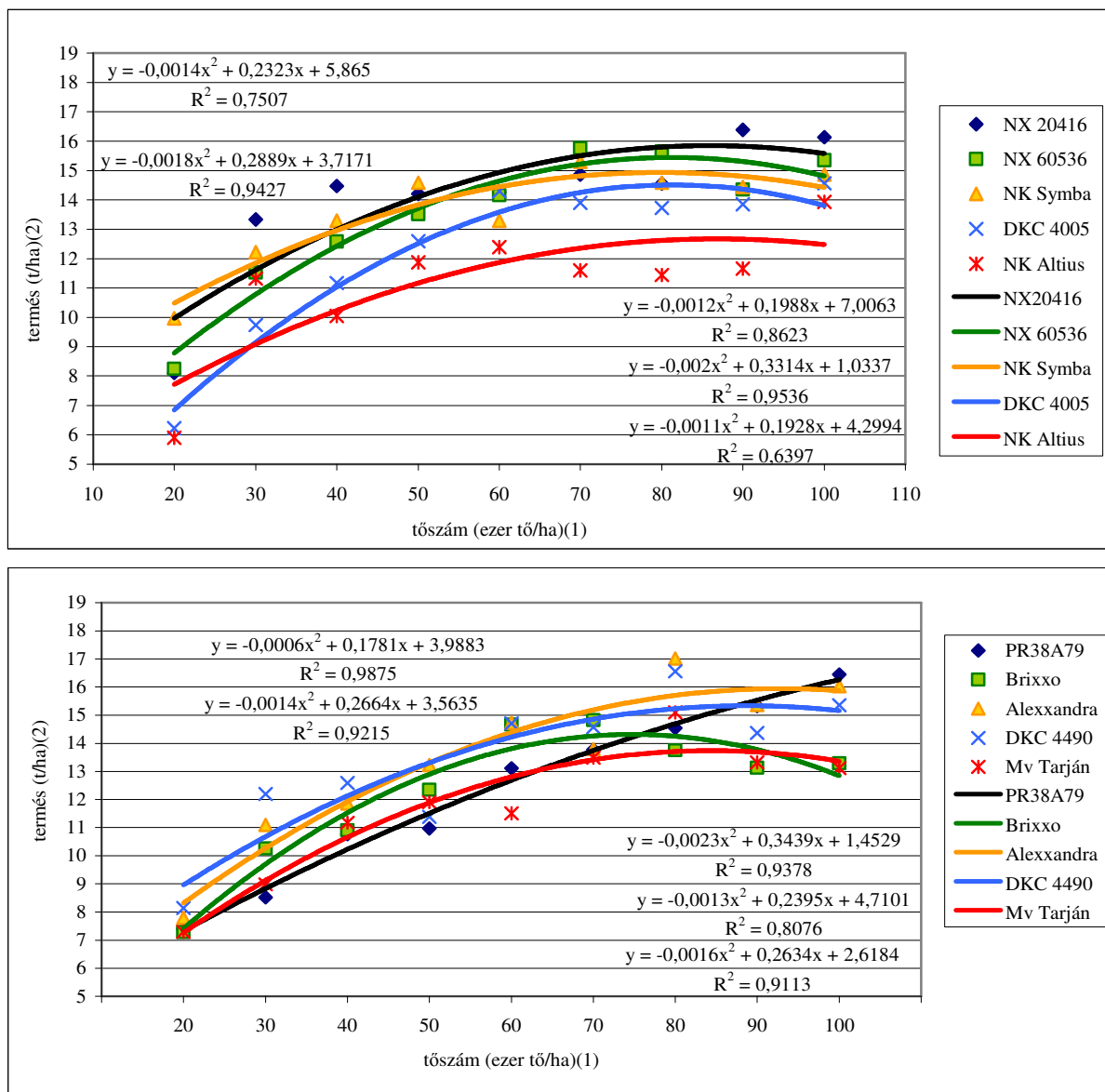


Figure 6: The effect of plant density on the yield of maize hybrids (Hajdúböszörmény, 2008)
Yield (t/ha)(1), Hybrids(2)

KÖVETKEZTETÉS

A jövőben a termesztési célnak megfelelő hibrid választása mellett olyan termesztéstechnológiai eljárást kell alkalmazni, ahol az ipari felhasználás során a legnagyobb bioetanol mennyiség nyerhető ki.

A termesztési célnak megfelelő hibridspecifikus NPK tápanyagellátás szintén növeli az előállítható bioetanol mennyiségét. Olyan NPK műtrágyaarányt kell biztosítani a trágyázásnál, amely a megfelelő termés mellett nem a fehérjetartalmat, hanem a

keményítőtartalmat növeli. Amíg a N túlsúlya a termés mellett a fehérjetartalmat növeli elsősorban, a K növelése elősegíti a szénhidrát képződést, a keményítőtartalom növekedését.

Bioetanol célú kukoricatermesztés esetén az üzemi körülmények között általában használt NPK adagon belül a nitrogént kismértékben mérsékelni, a káliumot pedig növelni célszerű, melyet természetesen módosíthat a talaj N-P-K tápanyagellátottsága, az elővetemény, az évjárat és a termesztett hibrid is.

IRODALOM

Breteler H. (1976): Nitrogéntrágyázás hatása a magas lizintartalmú kukoricafajták hozama 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.-Klajavzo, Sz. P. (1981): Vlijnie mineral'nyh udobrenij na kacsesztvo Zerna Kukuruzü. Agrohimija, Moskva. 2. 146-153.
- Györfly B. (1976): A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. Agrártudományi Közlemények 35. 239-266.
- Györfly B.-Fó I.-Bölöni I. (1965): Kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 41.
- Nagy J. (1995): A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. Növénytermelés 44. 493-506.
- Pekáry K. (1969): N-P-K műtrágyaadagolási kísérletek kukoricával két északkelet-magyarországi termőhelyen (In: Kukoricatermesztési kísérletek 1965-1968. szerk: Fó I.) Akadémiai Kiadó, Budapest. 186-201.
- Pepó P. (2007): „Új” energianövényünk a kukorica. Agroforum extra 17. 2007. január 11.
- Popp J.-Potori N. (2006): A bioetanol gyártás és az alapanyag-termelés dilemmái Magyarországon. Agrárgazdasági Kutató Intézet 2006-11-10 cikk
- Prokszáné P. Zs. (1988): A kukorica hibridek keményítő-, fehérje- és olajtartalma. Növénytermelés. 37. 1. 17.
- 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. 33-42
- Sárvári M.-Boros B. (2009): Ipari célú kukoricatermesztés. Agro Napló XIII. évf. 5. 33-34.
- Sárvári M.-Szabó P. (1998): A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére, Növénytermelés 47. 2. 213-221.