

Bioetanol előállítás energetikai értékelése

Bánszki Lívia¹ – Rátonyi Tamás¹ – Harsányi Endre²

¹Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

²Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Kutatóintézetek és Tangazdaság, Területfejlesztési Regionális Egyetemi Tudásközpont, Debrecen
banszki@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen tanulmány tárgyát az elsőgenerációs agroüzemanyagok közé sorolható etanol képezi. A kutatásunk célja bioetanol előállítás hatékonyságának kiszámítása és erre a célra termesztett kukorica hibridek hozamának értékelése. A kukoricatermesztés hektáronkénti energiaigényét vizsgáltuk két évjáratban (2009–2010). A hangsúlyt a kísérletben szereplő három eltérő műtrágyadózisra helyeztük. Az eredmények azt mutatják, hogy a kontroll parcellában használtuk a legkevesebb nem megújuló energiát. A keményítőhozam javítása magasabb műtrágya dózissal az input energiát is növeli. Az így befektetett energia nagyban befolyásolja a hatékonyságot.

Kulcsszavak: bioetanol, energia, kukoricahibrid, hatékonyság

SUMMARY

The objective of this study was the ethanol which classified as agro fuels. The aim of our research was the calculation of efficiency of bioethanol production, and evaluates the yield of maize hybrids grown for this purpose. We examined the energy demand of corn production per hectare in two vintages of 2009 and 2010. The focus of the experiment was placed in three different doze of fertilizer. Results show that the control corn plot used the least amount of non-renewable energy. Improving starch yield by adding fertilizer required additional non-renewable energy inputs. So then the invested energy has a great impact on the efficiency.

Keywords: bioethanol, energy, maize hybrid, efficiency

BEVEZETÉS

A bioetanol bár gyakorlatilag bármilyen cukor vagy keményítő tartalmú anyagból előállítható. Számítások alapján, Magyarországon a kukorica az, mely leginkább alkalmas üzemanyag alkohol előállítására. Nemcsak azért, mert ez az a növény jól termesztető a hazai időjárási viszonyok között, hanem azért is, mert egy jól gépesíthető növényről van szó, mely termesztésére a legtöbb tapasztalattal rendelkeznek a gazdák. Nincs szükség technológiaváltásra és új gépek beszerzésére, jól párosítható az egyéb növénytermesztési ágazatokkal.

A növénytermesztés során minden talajművelési munkafázisnak input energia tartalma van, amelyek befolyásolják a hatékonyságot. Ezeket a műveleteket meghatározott energiák alapján mutatjuk be. Az etanol gyártás szempontjából fontos, hogy a felhasználási célnak és az ezzel összefüggő minőségi követelményeknek legjobban megfelelő hibrideket termesszenek (Nagy, 2008, 2010). Mivel a bioetanol előállítás során a feldolgozás költségeinek döntő hányadát, mintegy 50–70%-át az alapanyag költsége teszi ki, ezért lényeges, hogy a megvásárolt szemtermésből a lehető legtöbb etanolt lehessen kinyerni. Prokszáné et al. (1995) rámutattak arra, hogy a növekvő nitrogén műtrágya adagok hatására a kukorica fehérjetartalma jelentősen emelkedik, ezzel párhuzamosan viszont bizonyíthatóan csökken a keményítőtartalom. A nagyobb keményítőhozamot a terméshez hasonlóan a nagyobb nitrogén műtrágya szintek esetén mérték. Győri et al. (2008) a kukorica minőségét, kémiai összetételét vizsgálva a fehérje- és a keményítőtartalom között szintén negatív összefüggést állapítottak meg. Felhívják a figyelmet

arra, hogy a hibridek megítélésekor felül kell vizsgálni a korábbi évtizedek fehérjetartalom-növelő stratégiáját, mivel a bioetanol gyártás esetén felértékelődik a kukoricaszem szénhidráttartalma. A szerzők felvetik, hogy emiatt újra kell-e gondolni a nemesítési stratégiát vagy az alacsony fehérjetartalmú kukoricahibridek lesznek ideális nyersanyagok a bioetanolipar számára.

Több előrejelzés szerint az emberiség egy év alatt annyi fosszilis energiát használ fel, amit a bolygó egy millió év alatt termel meg.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Jelen tanulmány célja a bioetanol előállítás hatékonyságának vizsgálata a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrumának Látóképi Kísérleti Telepén termesztett kukoricaállományban a 2009–2010-es években. A Kísérleti Telep a Hajdúsági Lőszháton helyezkedik el, melynek talaja löszön kialakult, mély humuszos rétegű alföldi mészlepedékes csernozjom. A telep fizikai talajfélesége közép-kötött vályog. A talajvíz 5–8 méter mélyen helyezkedik el. A tartamkísérlet kétszeresen osztott parcellás (split-split-plot) elrendezésű, a főparcellákon a talajművelési és az öntözési változatok szerepelnek ismétlés nélkül. Az elsőrendű alparcellákon a kukorica hibridek 50–70 ezres tőszámmal, a másodrendű alparcellákon a műtrágyakezelés négy ismétlésben randomizáltan foglal helyet. Egy talajművelési blokk 8064 m²-es területet foglal el, amely egy öntözött és egy öntözetlen blokkra van felosztva. Egy-egy hibriddel beállított főparcella mérete: 2688 m², a műtrágyakezelések parcellája 336 m². Egy parcella nettó alapterülete 30 m².

A kukorica hibridek termését, a keményítőtartalmát és a hektáronkénti keményítőhozamot vizsgáltuk. A kísérletben öt kukorica hibridet vizsgáltunk: DKC 4005 (FAO 300), Kamaria (FAO 370), MV Tarján (FAO 380), MV Koppány (FAO 420), ED 5110 (FAO 420). A nedvességtartalom ismeretében a termés mennyiségét t/ha-ban 14%-os nedvességtartalomra átszámítva határoztuk meg. A beltartalmi vizsgálatokhoz a mintavétel a betakarítás időpontjában 1 kg-os mintavevő zacskókba történt. A kukorica minták keményítőtartalmának meghatározását a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézetének laboratóriumában Foss Infratec 1241 típusú mag analizátorral végeztük el. Az Infratec 1241 típusú mag analizátorral a gabonaszem olaj-, fehérje-, nedvesség- és keményítőtartalmát, valamint a hektoliter tömegét határoztuk meg.

Miután a beltartalmi értékeket megállapítottuk a kukoricaminták fermentálásra kerültek a Debreceni Egyetem Agrokémiai és Talajtani Intézet laboratóriumában. Célunk volt megvizsgálni, hogy a mezőgazdasági termelés során, gabonanövény előállításánál milyen hatékonysággal tudunk bioetanolt előállítani. A vizsgálatok alapjául különböző technológiai beavatkozásokot és ezek hatékonyságát elemeztük. Emellett vizsgáltuk és értékeltük, hogy a növény terméshozadékára ható tápanyagpótlás változatai mennyire befolyásolják a szemtermés nagyságát. Ezen vizsgálatok együttes hatásainak változásával eredményeket kapunk az output energiák felhasználásáról. A számított eredmények alapján megbizonyosodhatunk, hogy a kapott input bevételek mennyire arányosak a kiadásokkal szemben.

Vizsgáltuk, hogy a technológiai munkák változataival, illetve a tápanyag mennyiségi adagolásával történő ráfordítások milyen arányban állnak a kapott termés-nagyságból nyerhető energiával szemben.

EREDMÉNYEK

A növénytermesztés során minden talajművelési munkafázisnak input energiátartalma van, amelyek befolyásolják a hatékonyságot. Ezeket a műveleteket meghatározott energiák alapján mutatjuk be.

A kukoricatermesztés területén többféle energiamegterhelést készítettek már, azonban a felhasznált fosszilis energiahordozóknál legtöbbször csak a felhasznált üzem- és kenőanyagtartalmat vették figyelembe. Ez nagyban torzítja a mérleg valódi értékét, mivel a gépi munkák esetén a felhasznált üzem- és kenőanyag a teljes energiafelhasználásnak csupán csak a 20–25%-a. A legnagyobb hányad a karbantartás és a javítás, az amortizáció, valamint az egyéb ráfordítások felhasznált energia. Ebből következően a ténylegesen felhasznált energia 400%-kal lehet magasabb, mint az üzemanyag energiátartalma.

A különböző munkafázisoknak különböző energiátartalma van, mivel más-más behatásokat végzünk a talajon. Kukoricatermesztés során megfigyelhetünk könnyű, illetve nehezen elvégezhető talajmunkákat is. A munkálatok befolyásolják a hatékonyságot, mivel a mélyebb behatások nagyobb energia felhasználást igényelnek, viszont hatékonyabbak. A felszíni művelés

nem igényel akkora energia felhasználást, viszont a talajművelésnél nincs olyan hatékony. A táblázatban számított energiafelhasználások alapján elsőre kitűnik, hogy a tavaszi sekélyműveléssel történő kukoricatermesztésnél a legkevesebb az energiafelhasználás. A másik két technológia növekvő energiafelhasználást mutat, mivel több munkafázist végeztünk el, több ütemben. A táblázatban kapott eredmények nem tükrözik a kapott output energiákat, így pontos hatékonyságot csak a kapott termés mennyisége, illetve felhasználása után tudunk számítani. Ezért az eltérő input energiák nem biztos, hogy gyengébb hatékonysági mutatót fognak produkálni.

A technológiai műveleten kívül a tápanyagnak is van energiaköltsége, amely nagy mennyiségben megemeli az input energiákat. A gépi munka, valamint a kijuttatás energiátartalma az őszi kijuttatás esetén 140 MJ/ha-ral, a tavaszi kijuttatás esetén pedig 107 MJ/ha-ral növeli az energiafelhasználást. A műtrágya saját energiája N esetén kilónként 80 MJ, P esetén 31 MJ és K esetén 10 MJ.

Az első dóziszú műtrágya kijuttatás esetében a felhasznált műtrágyák energiamentisége 13 450 MJ/ha. A második dózis esetén a duplájára növelt műtrágya mennyisége dupla értékű energiafelhasználást mutat, ami 26 900 MJ/ha. A tápanyagok felhasználásával hatványozottan nő a befektetett energia nagysága.

A kapott eredmények jól szemléltetik az átlagtermés nagyságát a befektetett energiák tekintetében. Figyelemre méltó, hogy a tápanyag-utánpótlás hatására nem történt nagy mennyiségű terméshozadék. A tápanyag nélküli gazdálkodás során látható, hogy nagy eltérés nem mutatkozik a termés nagyságában. A műtrágyapótlás (120 kg/ha) hatására jól megfigyelhető, hogy a technológiai műveletek tekintetében nagyobb eltérés mutatkozik. Viszont a nagyobb mennyiségű műtrágya hatására nem értünk el kiemelkedőbb átlagtermést egyik technológia alkalmazásakor sem (1. ábra).

A növekvő műtrágya dózisok mindkét évben szignifikánsan csökkentették az egységnyi szárazanyagra vetített keményítőtartalmat.

1. ábra: Az átlagtermés nagysága a technológia és a műtrágyapótlás hatására

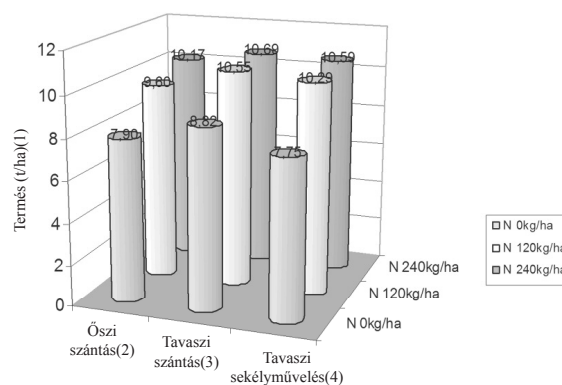


Figure 1: Average yield as a result of technology and fertilization Yield (t ha⁻¹) (1), Autumn tilling (2), Spring tilling (3), Spring shoal cultivation (4)

Különböző technológiák hatására, illetve a műtrágya adagolás alkalmazásával a kapott termésmennyiségből előállítjuk az etanolt. Az etanol előállítása során újabb energiákat használunk fel és ezzel növeljük a befektetett input energiát. A melléktermék szárításakor felhasznált energia az etanol gyártás energiaigényének 30,3%-a (Fleck, 2006).

A bioetanol előállítása során felmerülő input energia felhasználások:

- A termesztés során felhasznált fosszilis energia mennyisége.

- Előállítás során keletkező energia mennyisége (14,2 MJ/l = 18 MJ/kg).
- Melléktermék szárítása során keletkezett energia mennyisége (számításunkban ezt az értéket figyelmen kívül hagytuk, mivel pontos adat nem áll rendelkezésre).

Ezeket az adatokat figyelembe véve a következő fejezetben értékeltük az output, valamint az input oldalakat. Ebből hatékonysági mérleget állítunk fel annak tekintetében, hogy melyik a legmegfelelőbb eljárás a bioetanol előállítására a kukoricatermesztésben (1. táblázat).

1. táblázat

Kapott energiamennyiségek

Dózis(1)	Kontroll(2)		N 120 kg/ha		N 240 kg/ha	
	Etanol (kg)	MJ	Etanol (kg)	MJ	Etanol (kg)	MJ
Őszi szántás(3)	2650,31	71028,31	3219,37	86278,31	3408,77	91355,04
Tavaszi szántás(4)	2957,88	79271,18	3536,79	94785,97	3585,06	96106,41
Tavaszi sekély művelés(5)	2598,70	69645,16	3450,54	92474,47	3551,83	95189,04

Forrás: saját szerkesztés

Table 1: Obtained amount of energy

Dose(1), Control(2), Autumn tilling(3), Spring tilling(4), Spring shoal cultivation(5), Source: own edition

A tonnánkénti kapott átlagtermésből 425 liter etanol tudunk előállítani. Az így kapott etanol mennyiségét literről átváltottuk kg-ra, és ez alapján számoltunk egy kg etanol energiát. Az output energia a megtermelt kukoricából előállított bioetanol esetében 26,8 MJ/kg fűtőértéket mutat. Az átváltás során 1 liter bioetanol súlya 0,789 kg (1., 2. és 3. táblázat).

4. táblázat

A hatékonyság kiszámítása 240 kg N/ha műtrágyázással

	Őszi szántás(1)	Tavaszi szántás(2)	Tavaszi sekély művelés(3)
Input	92061,86	95125,08	94355,94
Output	91355,04	96106,41	95189,04
Eper	0,99	1,01	1,01

Forrás: saját szerkesztés

Table 4: The calculated efficiency with 240 kg N ha⁻¹

Autumn tilling(1), Spring tilling(2), Spring shoal cultivation(3), Source: own edition

2. táblázat

A hatékonyság kiszámítása műtrágyázás nélkül

	Őszi szántás(1)	Tavaszi szántás(2)	Tavaszi sekély művelés(3)
Input	51509,58	57079,84	50299,60
Output	71028,31	79271,18	69645,16
Eper	1,38	1,39	1,38

Forrás: saját szerkesztés

Table 2: The calculated efficiency without fertilization

Autumn tilling(1), Spring tilling(2), Spring shoal cultivation(3), Source: own edition

3. táblázat

A hatékonyság kiszámítása 120 kg N/ha műtrágyázással

	Őszi szántás(1)	Tavaszi szántás(2)	Tavaszi sekély művelés(3)
Input	75202,66	80986,22	79082,72
Output	86278,31	94785,97	92474,47
Eper	1,15	1,17	1,17

Forrás: saját szerkesztés

Table 3: The calculated efficiency with 120 kg N ha⁻¹

Autumn tilling(1), Spring tilling(2), Spring shoal cultivation(3), Source: own edition

A hatékonysági mutatók számításából megtudhatjuk, hogy melyik technológia, illetve melyik tápanyag dózis a legmegfelelőbb és a legoptimálisabb az etanol számára történő kukoricatermesztésben. A hatékonysági mutatót a kapott energiamennyiség és a befektetett energia (input) hányadosából kapjuk (Eoutput/ Einput).

A hatékonyság szempontjából az input energia a legbefolyásolóbb tényező, mivel a technológiák, illetve a műtrágyázások közti kapcsolat az átlagtermést csak kis mértékben befolyásolják. Az átlagtermések között nincs akkora eltérés, mint a befektetett energia tekintetében.

KÖVETKEZTETÉSEK

- Az eredményes bioetanol előállításához összetett elemzéseket kell végezni a teljes energia igény meghatározása érdekében.
- Eredményeink alapján meghatározhatók azon kezeléskombinációk, melyekkel mind minimalizálható az input energia.

- A termesztés során olyan optimális állapot fenntartására kell törekedni, amelynél a műtrágyázás termésmenvelő hatása még kedvező, a befektetett energia emelkedése viszont nem számottevő.
- Megfelelő hatékonyság nélkül nem fenntartható a termelés, így mindig szem előtt kell tartani a kapott és a felhasznált energia arányát.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését a Biokonv9, a Kutatási és Technológiai Alap OM-00210/2008 és a TÁMOP 4.2.2./B-10/1-2010-0024 számú projektek támogatták.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- Fleck, D. M. (2006): Ethanol outlook. A look at recent developments in the grain ethanol industry. *World Grain*. 24: 5–6.
- Győri Z.–Sipos P.–Ungai K. (2008): A kukorica minőségének aktuális kérdései. *Agrofórum Extra*. 22: 88–89.
- Nagy, J. (2008): Maize production. Akadémiai Kiadó. Budapest. 393.
- Nagy, J. (2010): Impact of fertilization and irrigation on the correlation between the soil plant analysis development value and yield of maize. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 41. 11: 1293–1305.
- Prokszáné P. Zs.–Széll E.–Kovácsné Komlós M. (1995): A N-műtrágyázás hatása a kukorica termésére és néhány beltartalmi mutatójára eltérő évjáratokban réti öntéstalajon. *Növénytermelés*. 44: 1. 33–42.