

## Növénytermesztési melléktermékek kalorimetrikus jellemzése

Jóvér János – Antal Károly – Éri László

Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ, Kutatóintézetek és Tangazdaság,  
Karcagi Kutató Intézet, Karcag  
jover@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

A fosszilis energiahordozók készletének folyamatos csökkenésével egyre hangsúlyozottabbá válik a megújuló energiaforrások felhasználása. A környezetvédelmi megfontolások és az Európai Unió törekvései egyaránt aktuálissá teszik megújuló energiák, illetve azon belül a biomassza-energia széleskörű alkalmazását. A biomassza-energia egyik meghatározó irányvonala a biomassza közvetlen tüzelése. Erre a célra jellemzően fás szárú növényeket termesztünk, de igen komoly potenciál rejlik a különböző lágyszárú növények növénytermesztési és feldolgozási melléktermékeinek energetikai célú hasznosításában is.

Munkánkban három növénytermesztési melléktermék biomassza-tüzelési célú vizsgálatát végeztük el, amelyek a betakarítás során maradtak vissza. A búza, kukorica és napraforgó melléktermékek égéshőinek meghatározását IKA C2000 Basic típusú adiabatikus kaloriméter segítségével végeztük el. A kapott eredmények statisztikai értékelését követően azt kaptuk, hogy a különböző mellékterméktípusok eltérő égéshő-értékekkel jellemezhetőek, amely értékek szoros negatív korrelációban vannak az égetés során keletkező hamu %-ban kifejezett mennyiségével ( $R^2=0,873$ ).

**Kulcsszavak:** növénytermesztési melléktermék, biomassza energia, kaloriméter, égéshő

### SUMMARY

By the decreasing tendency of the fossil energy resources more emphasis put on the usage of renewable energy resources. The consideration of environmental protection and the efforts of the European Union make current the widespread usage of renewable energy within biomass energy. One of the determinative trends of biomass energy is the direct combustion of biomass. Characteristically woody stocks are produced for this aim, but there is a considerable potential in several byproducts of growing herbaceous plants or of other processes.

In our study three byproducts of plant production have been investigated which appeared at the harvest. The Higher Heating Values of wheat, maize and sunflower byproducts have been determined by an IKA C2000 Basic adiabatic calorimeter. According to the statistical analysis of the measured data the HHV of the byproducts are different, and these values are in a negative correlation with the amount of ash in % ( $R^2=0.873$ ) appeared by the combustion.

**Keywords:** crop production byproducts, biomass energy, calorimeter, higher heating value

### BEVEZETÉS

Az energiaigények korábban sohasem tapasztalt módon növekednek az egész világon (IEA, 2011), így egyre hangsúlyozottabbá válik a megváltozott körülményekhez való alkalmazkodás mind a mezőgazdaság, mind pedig az energiaellátás részéről. A világ energiafelhasználásának jelenleg 19%-a származik megújuló forrásokból, amelyeknek megközelítőleg a fele biomassza eredetű (REN21, 2013). A megújuló energiák széleskörű elterjesztésének támogatására a 2009/28/EK Irányelv 2020-ra a megújuló energiák részarányának 20%-ra való növelését irányozza elő a közösségi energiafogyasztásban az EU tagállamok számára.

Ezen energiaforrások jelentősége kiemelkedő, hiszen használatuk összhangban van a fenntartható fejlődés alapelveivel, így alkalmazásuk nem igényli a kialakult infrastruktúra gyökeres átszervezését, de ennek ellenére nem gátolja az új fenntartható technológiák gyakorlatba ültetését. Környezetvédelmi megközelítésben a biomassza-tüzelés kedvező környezeti hatásokkal bír szemben a fosszilis tüzelőanyagokkal, hiszen az alapanyag növényi eredetű amely  $\text{CO}_2$  semleges energiahordozó, vagyis csak oly mértékű  $\text{CO}_2$  emisszióval bír, amennyit az alapanyag élete során megkötött és szervezetébe épített (Kacz és Neményi, 1998).

A biomassza-energia előállításának gazdaságosságát alapvetően meghatározza a felhasznált alapanyagok köre. Ebből adódóan, a melléktermékekre alapozott energia-előállítás alapvető fontosságú lehet a megújuló energiák területén. A másodnyersanyag-gazdálkodás tekintetében számos alternatíva létezik a mezőgazdasági eredetű melléktermékek hasznosításában. Egy potenciális irányvonal lehet a tüzelési célú hasznosítás. Ezen anyagok évről évre igen nagy mennyiségben keletkeznek (1. táblázat), amelyeknek mezőgazdasági és ipari célú hasznosításán túl igen komoly potenciált rejt az energetikai hasznosítás is.

1. táblázat

Búza, kukorica és napraforgó vetésterületek  
Magyarországon (ha)

	Évek(4)		
	2010	2011	2012
Búza(1)	1 010 731	977 844	1 070 021
Kukorica(2)	1 078 825	1 230 253	1 191 291
Napraforgó(3)	501 507	579 548	615 097

Forrás: KSH (2013)

Table 1: The production area of wheat, maize and sunflower in Hungary (ha)

Wheat(1), Maize(2), Sunflower(3), Years(4), Source: KSH (2013)

A betakarítás után visszamaradó növényi melléktermékek hasznosításáról számos tanulmány készült, amelyekben a búzaszalma, a kukoricaszár és a napraforgó tarlómaradványai igen gyakran vizsgált alapanyag-típusok. Channiwala és Parikh (2002) szerint a búzaszalma égéshője 17 990 KJ/kg, míg Demirbas (1996) eredményei alapján ez az érték 17 000 KJ/kg. Gaur és Reed (1998) 17 510 KJ/kg égéshőről számoltak be a búzaszalmát illetően, míg más szakirodalmi adatok alapján ez az érték 17 360–18 910 KJ/kg közötti (Parikh et al., 2005). A kukoricaszár égéshője 17 680 KJ/kg (Torsta-Masiá et al., 2007; Yin, 2011), míg a napraforgó betakarítása során visszamaradt növényi anyagok vizsgálatai alapján Kucukbayrak et al. (1991) 15 870 KJ/kg égéshő értékről számolt be.

Kutatómunkánk célja három, hazánkban jelentős területen termesztett, növényfaj betakarítási maradékaira jellemző égéshő-értékek összehasonlító statisztikai értékelése volt, biomassza-tüzelési célú hasznosíthatóságuk vizsgálatára.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Méréseinkben három elterjedt szántóföldi növény; a búza a kukorica és a napraforgó betakarítási maradéka szolgáltatva a mérési alapanyagot. A növényi szár, levél és terméstakaró képezte növényi mintákat levegőn légszáraz állapotig szárítottuk és megközelítőleg 1 cm<sup>2</sup> nagyságú darabokra aprítottuk. Az összedarabolt növényi részeket Condux növénydarálón 1–2 mm nagyságúra daráltuk, majd ezt követően a kaloriméterhez rendszeresített tablettázó prés segítségével megközelítőleg 1 g tömegű tablettákat készítettünk.

Ezt követően szárítoszekrényben 105 °C ± 2 °C-on történő szárítással meghatároztuk a mintatabletták nedvességtartalmát, ami átlagosan 8,8–13,2 m/m% között változott. Az égéshő meghatározást IKA C2000 Basic adiabatikus kalorimetriás készülékkel végeztük. A tömegméréseket analitikai mérlegen öt tizedes pontossággal végeztük, ami az égéshő ilyen módon történő meghatározásánál követelmény. A minták elégetések

a  $\Delta T$  értéke megközelítőleg 1,5–2,0 °K volt. A hőmennyiség értékét a kaloriméter automatikusan számította ki a bemért mintatömeg és a  $\Delta T$  értékének pontos értékeiből. Az égéshő meghatározáshoz referencia anyagként benzoesavat használtunk, melynek égéshője 26 470 KJ/kg. A hőmennyiség meghatározását követően a hamumaradékok tömegét is megmértük, az elégetett minták szervesen összetevőinek értékelése céljából.

A méréseket húsz alkalommal végeztük el mintatípusonként, majd meghatároztuk a kapott adatok néhány statisztikai mutatóját. A mellékterméktípusok közötti szignifikáns differenciát varianciaanalízis, az égéshő értékek és a hamumaradékok mennyisége közötti összefüggést regresszió analízis segítségével határoztuk meg, amiket diagramon ábrázoltuk. A statisztikai elemzéseket R statisztikai szoftverrel RCommander felhasználói felületen végeztük (R Core Team, 2012).

### EREDMÉNYEK

A vizsgált melléktermékek égéshő eredményeinek statisztikai elemzése alapján elmondható, hogy a kukorica esetében kaptuk a legmagasabb átlagos égéshőt 17 510,89 KJ/kg, míg 14 388,40 KJ/kg átlagos égéshő érték mellett a napraforgó melléktermékeire voltak jellemzőek a legkisebb értékek (2. táblázat). A búzaszalma égéshői kis terjedeleme, és alacsony szórás mellett 16 545,15 KJ/kg átlagértékek köré koncentráltak.

A három vizsgálati anyagkör eredményei igen jól elkülönültek egymástól, amelyek között a legkisebb szignifikáns differencia értéke 86,505 volt ( $p=0,05$ ). Az égetés során visszamaradt hamu tömegszázalékos mennyiségének tekintetében szintén elkülönültek a vizsgálati anyagcsoportok. A legtöbb hamu a napraforgó esetében keletkezett, amely 7,36%-os átlagos hamumennyiséggel volt jellemezhető, míg a kukorica esetében 2,2%, a búza esetében 4,85% volt ez az érték. A kukorica esetén kihangsúlyozandó, hogy az igen alacsony átlagos hamuérték mellett, igen kicsi terjedeleme, illetve kis szórás és variancia jellemezte ezt az anyagcsoportot (3. táblázat).

2. táblázat

A vizsgált melléktermékek esetében mért égéshők legfontosabb statisztikai mutatói (KJ/kg)

	Átlag(1)	Szórás(2)	Variancia(3)	Minimum(4)	Maximum(5)	Terjedeleme(6)
Napraforgó(7)	14 388,40	210,61070	11 399,32	13 827	14 705	878
Kukorica(8)	17 510,89	106,76760	519 639,80	17 289	17 643	354
Búza(9)	16 545,15	27,30389	745,50	16 487	16 585	98

Table 2: The most important statistical attributes of the hybrids's Higher Heating Values

Mean(1), Standard Deviation(2), Variance(3), Minimum(4), Maximum(5), Range(6), Sunflower(7), Maize(8), Wheat(9)

3. táblázat

A vizsgált melléktermékek égetése során keletkezett hamumennyiségek legfontosabb statisztikai mutatói (%)

	Átlag(1)	Szórás(2)	Variancia(3)	Minimum(4)	Maximum(5)	Terjedeleme(6)
Napraforgó(7)	7,36	0,557	0,310	6,18	8,92	2,74
Kukorica(8)	2,20	0,193	0,037	1,49	2,40	0,90
Búza(9)	4,85	0,924	0,854	1,18	5,51	4,32

Table 3: The most important statistical attributes of the ash appeared by the combustion of the investigated byproducts (%)

Mean(1), Standard Deviation(2), Variance(3), Minimum(4), Maximum(5), Range(6), Sunflower(7), Maize(8), Wheat(9)

Az égéshő értékeket és a hozzájuk tartozó hamumaradékot diagramon ábrázolva elmondhatjuk, hogy az égéshők tekintetében az értékek 13 827 KJ/kg és 17 643 KJ/kg minimum, illetve maximum értékek között voltak. Ezen két szélsőérték között az értékek fele a 16 548,5 KJ/kg medián és a maximum érték között koncentráldott (1. ábra). A hamuértékek 1,18% és 6,18% között változtak, amely szélsőértékek között a mérési eredmények fele az 5,10% medián és a maximum érték között volt.

A mérési eredmények mind az égéshők, mind a hamumennyiségek tekintetében melléktermék-típusonként jól elkülöníthető csoportokat képeztek, továbbá az égéshők és a hozzájuk tartozó hamumennyiségek között szoros negatív korreláció volt ( $R^2=0,873$ ), amely a felhasznált tüzelőanyagban lévő szerves komplexek és ásványi anyagok mennyiségével hozható összefüggésbe.

1. ábra: Az egyes mellékterméktípus égéshői és a hozzájuk rendelhető hamutartalmak összefüggései

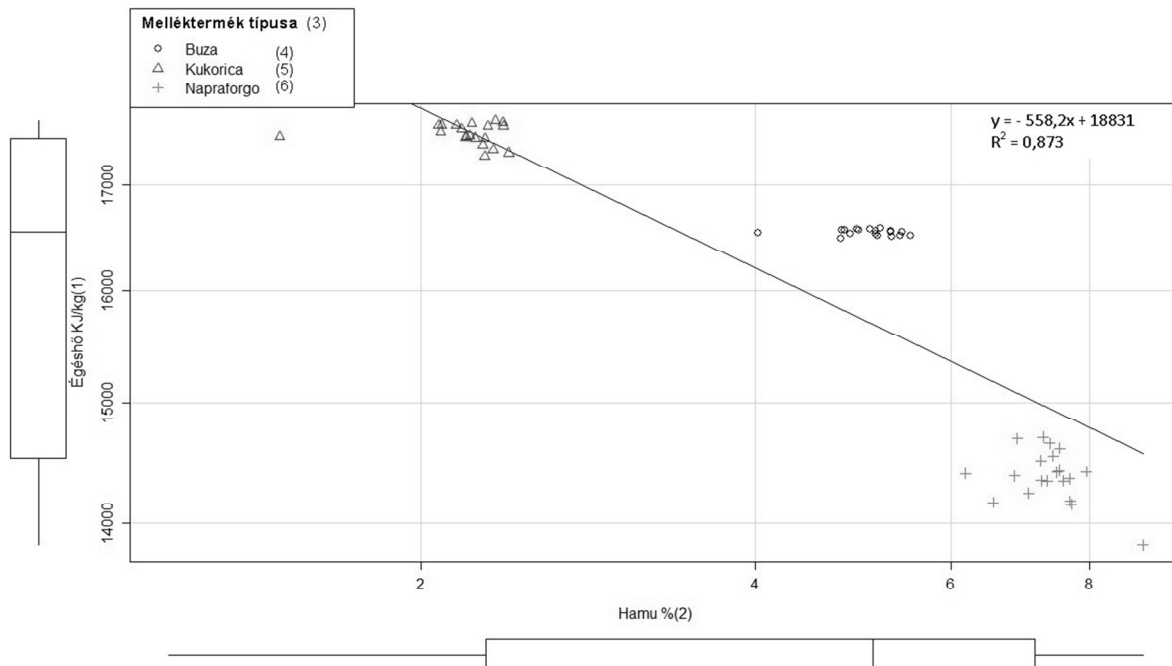


Figure 1: The coherence of the Higher Heating Value and the appeared ash of the byproducts  
Higher Heating Value KJ kg<sup>-1</sup>(1), Ash%(2), Type of byproduct(3), Wheat(4), Maize(5), Sunflower(6)

## KÖVETKEZTETÉSEK

A megújuló energiák egyre meghatározóbb szerepet tölthetnek be mindennapjainkban, de ehhez azonban mindenképp szükséges, a rendelkezésre álló energiaforrások által nyújtott lehetőségek kiaknázása. A biomassza közvetlen tüzelése igen komoly potenciállal rendelkezik, de nem csak az energetikai célra természetesen szilárd biomasszaféleségek tekintetében. Mind gazdaságossági, mind környezetvédelmi szempontból releváns megoldás lehet, a különböző növénytermesztési és feldolgozási melléktermékek energetikai felhasználása.

Munkánkban három a magyar vetésszerkezetben meghatározó növény, a búza, a kukorica és a napraforgó betakarítási maradványait vizsgáltuk a biomassza-tüzelés szempontjából. Eredményeink alapján elmondható, hogy mind a három növény komoly energetikai potenciállal bír, amelyek közül kiemelkedő a kukorica 17 510 KJ/kg átlagos égéshője.

Kedvező energiapotenciáljának köszönhetően az igen perspektivikusnak tekinthető biomassza-tüzelés egyik ígéretes alapanyagai lehetnek a vizsgált növénytermesztési melléktermékek.

## IRODALOM

- 28/2009. (IV. 23.) EK Irányelv: a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról, valamint a 2001/77/EK és a 2003/30/EK irányelv módosításáról és azt követő hatályon kívül helyezéséről.
- Channiwala, S. A.–Parikh, P. P. (2002): A unified correlation for estimating HHV of solid, liquid and gaseous fuels. Fuel. 81: 1051–1063.
- Demirbas, A. (1996): Calculation of higher heating values of biomass fuels. Fuel. 76: 431–434.
- Gaur, S.–Reed, T. (1998): Thermal data for natural and synthetic fuels. Biomass energy foundation. Woodgas: proximate and ultimate analysis. <http://woodgas.com/biomass.htm>.
- IEA (2011): World energy outlook 2011. International Energy Agency. Paris.

- Kacz K.–Neményi M. (1998): Megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest. 157.
- KSH (2013): A fontosabb növények termesztése és felhasználása. Központi Statisztikai Hivatal. Budapest.
- Kucukbayrak, S.–Durus, B.–Meriçboyu, A. E.–Kadioglu, E. (1991): Estimation of calorific values of Turkish lignites. *Fuel*. 70: 979–981.
- Parikh, J.–Channiwala, S. A.–Ghosal, G. K. (2005): A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels. *Fuel*. 84: 487–494.
- R Core Team (2012): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- REN21 (2013): Renewables 2013. Global status report. Paris.
- Tortosa-Masiá, A. A.–Buhre, B. J. P.–Gupta, R. P.–Wall, T. F. (2007): Characterising ash of biomass and waste. *Fuel Process Technology*. 88: 1071–1081.
- Yin, C. Y. (2011): Prediction of higher heating values of biomass from proximate and ultimate analyses. *Fuel*. 90: 1128–1132.