

Kukurūzas organiskās sausas ražas nozīme biogāzes ražošanā

Importance of Maize Organic Dry Matter Yield for Biogas Production

Jānis Bartuševics, Zinta Gaile

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Agrobiotehnoloģijas institūts

Abstract. Energy crops used for biogas production should provide high organic dry matter yield and high methane output per unit area. Maize (*Zea mays* L.) is recognized as suitable substrate for biogas production. The paper aimed to determine impact of hybrid, harvest timing, and ensiling on maize yield and organic dry matter content at harvest for biogas production. Field trial was carried out in Research and Study farm „Vecauce” of the Latvia University of Agriculture (LLU) in 2008 and 2009. Ten (in 2008) till eleven (in 2009) maize hybrids with different maturity rating according to FAO numbers (FAO 180 – 340) were harvested at three different times beginning on 5 September at 14-day intervals. Our results showed that organic dry matter (ODM) content as well as ODM yield depended on harvest time and increased substantially ($p < 0.05$) from early September till early October. A high correlation between ODM content of fresh and ensiled samples was noted. Methane yield per ha increased above 6000 Nm³ ha⁻¹ in 2009 when special high-yielding hybrids were used.

Key words: maize hybrid, harvest date, organic dry matter, biogas yield.

Ievads

Kukurūza (*Zea mays* L.) tiek atzīmēta kā enerģijas bagāts un viegli ieskābējams substrāts, kas raksturojas ar pozitīvu enerģijas bilanci, kā rezultātā tiek uzskatīta par konkurētspējīgu augu enerģijas ieguvei. Augstu metāna ražas ieguvei no kukurūzas substrāta ietekmē daudzi (proteīns, tauki, lignīns, cellulose u.c.) ķīmiskie rādītāji, bet starp nozīmīgākajiem bieži piemin kopējo organiskās sausas saturu ražas novākšanas laikā, jo tikai no organiskās vielas metāna veidotājas baktērijas rada biogāzi. Pie tam, sausas saturs novākšanas laikā ir saistīts gan ar ražas apjomu, gan ar ieskābēšanas kvalitāti. Pieaugot interesei par kukurūzas izmantošanu bioreaktoros, daudzās valstīs veic kukurūzas selekciju speciāli enerģijas ieguves vajadzībām. Piemēram, Vācijā selekcionētie hibrīdi raksturojas ar lielāku augumu un biomasas ražu, un potenciāli augstāku organiskās sausas saturu novākšanas laikā, kas ļauj iegūt ievērojami lielāku metāna ražu no viena hektāra.

Latvijas apstākļos būtu svarīgi atrast piemērotākos speciāli enerģijas vajadzībām selekcionētos hibrīdus, kā arī noteikt optimālo novākšanas termiņu, lai iegūtu maksimālo ražu un biogāzes iznākumu. Bioreaktoros galvenokārt izmanto skābarību. Skābēšanas procesā kukurūzas substrātā izmainās ķīmisko rādītāju attiecības, kas arī var ietekmēt metāna iznākumu. Mūsu pētījuma mērķis bija analizēt kukurūzas hibrīda, novākšanas laika un skābēšanas ietekmi uz organiskās sausas saturu un ražu biogāzes ieguvei.

Materiāli un metodes

Izmēģinājums tika iekārtots LLU MPS „Vecauce” izmēģinājumu laukā „Aizaploki” 2008. un 2009. gadā mālsmits kultūraugsnē, kas raksturojas ar pH KCl - 6.4-6.7, P – 112-129 mg kg⁻¹; K – 99-143 mg kg⁻¹, organiskās vielas saturu – 19-21 g kg⁻¹. Varianti sakārtoti četros

atkārtojums, katra lauciņa lielums 16.8 m². Izsējas norma bija 83300 sēklu uz 1 ha. Izmantoja 10 dažāda agrīnuma (atbilstoši FAO skaitlim) kukurūzas hibrīdus 2008. un 11 hibrīdus 2009. gadā: *Tango* (FAO 210), *Target* (FAO 180), *Estelle* (FAO 200), *Salgado* (FAO 200), *Silas* (FAO 210), *Turini* (FAO 220), *Ceklad* (FAO 235), *Celio* (FAO 250), *Cemet* (FAO 260), *Felido* (FAO 270), *Ronaldinio* (FAO 240), *Fernandez* (FAO 260), *KX A8151* (FAO 250), *Cefran* (FAO 340). Septiņi hibrīdi, kas rakstīti kursīvā, tika izmantoti abos gados. Pielietoja tradicionālo augsnes apstrādi, kas ietver arumu rudenī, un šļūksanu un frēzēšanu ar Amazones vertikālo frēzi pavasarī. Kukurūzu iesēja 6. maijā. Lietoja mēslojumu: 34 kg ha⁻¹ P, 75 kg ha⁻¹ K, 148 kg ha⁻¹ N (18+70+60). Nezales ierobežoja, lietojot herbicīdus Arrats d.g. (dikamba, 500 g L⁻¹; tritosulfurons, 250 g kg⁻¹) 200 g ha⁻¹ + Titus 25 d.g. (rim sulfurons, 250 g kg⁻¹) 50 g ha⁻¹ + virsmas aktīvā viela.

Hibrīdi tika vākti trīs novākšanas laikos ik pēc 14 dienām, sākot ar 5. septembri 2008. un 4. septembri 2009. gadā. Kukurūza pēc novākšanas tika sasmalcināta (0.5 – 1.0 cm) un ieskābēta plastmasas maisos laboratorijas apstākļos, izmantojot 1-3 kg masas. Skābēta kukurūza tika analizēta pēc 90 dienām. Gan svaigiem, gan ieskābētiem paraugiem novērtēja sausas saturu (paraugi tika žāvēti līdz nemainīgai masai pie 105 °C), organiskās sausas saturu (aprēķināts, izmantojot sausas un pelnu saturu) un daudzveidīgus kvalitatīvos rādītājus (tie šajā rakstā nav analizēti) katrā novākšanas reizē katram hibrīdam. Metāna iznākumu aprēķināja teorētiski pēc kvalitatīvajiem rādītājiem (Amon et al., 2007). Dati matemātiski apstrādāti, izmantojot dispersijas analīzi.

Pētījuma gadi atšķīrās gan nokrišņu, gan siltuma nodrošinājuma un sadalījuma ziņā. Nokrišņu summa 2008. gadā bija 230 mm un 2009. gadā – 327 mm. Ar kukurūzai nelabvēlīgiem siltuma apstākļiem raksturojās 2008. g. jūnijs un septembris, bet 2009. g. – maijs un jūnijs. Aktīvo temperatūru summa sasniedza 1943 °C 2008. g. un 2037 °C 2009. g.

Rezultāti un diskusija

Biogāzes iznākums no dažādām izejvielām ir atšķirīgs, ko citu faktoru starpā nosaka arī sausas saturs ražas novākšanas laikā. Zinātnieks T. Amons (2002) atzīmē, ka optimālais novākšanas laiks kukurūzai ir ar sausas saturu 30 - 35% (300-350 g kg⁻¹). Kukurūzu tad var viegli ieskābēt un tā dod maksimālu biomasas ražu. Latvijas apstākļos par minimāli nepieciešamo sausas saturu uzskata 250 g kg⁻¹. Mūsu pētījumā šo sausas satura sliekšni neviens no hibrīdiem abos gados nesasniedza pirmajā novākšanas reizē (4.-5. septembris). Organiskās saunas (OS) saturu ietekmēja hibrīda agrīnuma pakāpe, bet starp organiskās saunas ražu un agrīnuma pakāpi būtisku korelāciju nekonstatēja nevienā no izmēģinājuma gadiem. Svaigas kukurūzas OS saturu 2008. gadā būtiski ietekmēja hibrīda nobriešana jeb ražas novākšanas laiks (p<0.05). Augstākais OS saturs atzīmēts kukurūzai, kas novākta 3. oktobrī. Abos pētījuma gados novākšanas laika izvēle būtiski (p<0.05) ietekmēja OS ražas apjomu, kamēr hibrīda izvēle būtiski OS ražu ietekmēja pēdējā novākšanas reizē (p<0.05), bet pirmajā un otrajā novākšanas reizē hibrīda ietekme nebija būtiska (2008. g. atbilstoši p=0.41 un p=0.39, bet 2009. g. – p=0.07 un p=0.06). Augstākā OS raža 2008. gadā tika iegūta hibrīdam ‘Cemet’ (14.52 t ha⁻¹) pēdējā novākšanas reizē. 2009. gada izmēģinājumā tika iekļauti hibrīdi, kurus selekcionāri ieteica kā enerģijas ieguves vajadzībām piemērotus (1.tab.) un kas uzrādīja augstas OS ražas (‘KXA8151’ – 17.93 t ha⁻¹; ‘Fernandez’ – 17.44 t ha⁻¹), ja tos vāca oktobra sākumā. Zemākā OS raža tika iegūta hibrīdam ‘Silas’ pirmajā novākšanas reizē (9.70 t ha⁻¹).

1. tabula

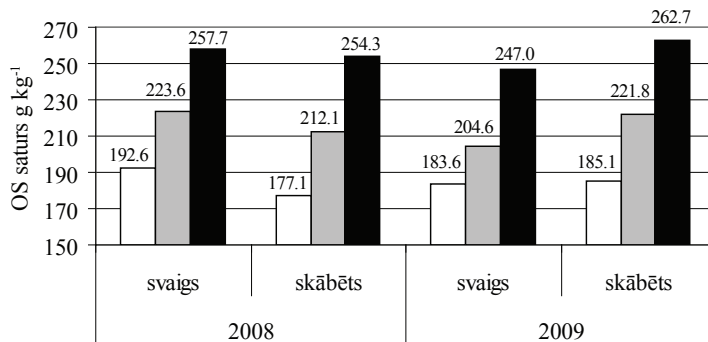
Kukurūzas organiskās sausas raža, t ha⁻¹, atkarībā no kukurūzas hibrīda un novākšanas laika 2009. gadā

Hibrīdi – faktors A	FAO	Kukurūzas novākšanas laiks – faktors B			Vidēji faktoram A RS _{0.05} =1.12
		4.09.2009.	21.09.2009.	6.10.2009.	
Tango - st.	210	8.63	9.90	13.51	10.68
Ceklad	235	7.80	12.53	13.37	11.24
Celio	250	12.39	14.46	14.87	13.91
Cemet	260	11.11	11.75	15.18	12.68
Celido	270	9.00	12.09	13.03	11.37
Ronaldinio	240	12.25	15.55	16.09	14.63
Fernandez	250	10.78	15.79	17.44	14.67
KXA8151	260	11.80	13.56	17.93	14.43
Salgado	200	9.01	15.32	15.72	13.35
Silas	210	10.37	11.76	15.85	12.66
Cefran	340	9.43	12.66	15.22	12.44
Vidēji faktoram B RS _{0.05} =0.91	×	10.23	13.22	15.29	×
RS _{0.05} vai p – vērtība novākšanas laikos	×	p=0.07	p=0.058	p<0.05 RS _{0.05} =1.28	×

Zemās jūnija temperatūras ietekmē abos gados pirmajā novākšanas reizē OS ražas bija līdzīgas, bet 2009. gadā septembra vidējā temperatūra bija augstāka par ilggadīgiem vidējiem rādītājiem, kas atstāja pozitīvu ietekmi uz OS ražu abās nākamajās novākšanas reizēs.

Abu gadu izmēģinājumos masas zudumi skābēšanas procesā bija mazi (2008. gadā – 0.8% un 2009. gadā – 0.6%). Pētījumā iegūti pretrunīgi rezultāti (1.att.) par organiskās sausas satura izmaiņām skābēšanas rezultātā: 2008. gadā vidēji visos novākšanas termiņos un visiem hibrīdiem būtiski ($p < 0.05$) samazinājās organiskās sausas saturs ieskābētajā kukurūzas masā, bet 2009. gadā – būtiski ($p < 0.05$) palielinājās. Šādas pretrunas atrodamas arī literatūrā. Vieni pētnieki (Cherney et al., 2007) konstatējuši, ka sausas saturs samazinās, bet citi (Stekar et al., 1990) - atzīmē sausas satura palielināšanos skābēšanas rezultātā.

Organiskās sausas saturs vidēji visos novākšanas termiņos 2008. gadā (224.6 g kg⁻¹) nebija būtiski ($p > 0.05$) augstāks, salīdzinot ar 2009. gadu (214.5 g kg⁻¹). Korelācija starp svaigas un skābētas kukurūzas organiskās sausas saturu abos gados bija cieša, būtiska ($r = 0.89 > r_{0.05} = 0.25$, $p < 0.05$).



1.att. Organiskās sausas saturas izmaiņas pēc skābēšanas, g kg⁻¹, vidēji visiem hibrīdiem:
□ – 1. novākšanas reize; ■ – 2. novākšanas reize; ■ – 3. novākšanas reize.

Latvijā ir ļoti limitētas iespējas noteikt metāna un biogāzes iznākumu laboratorijas apstākļos, kā rezultātā pētījumā tika izmantots speciāli izstrādāts modelis (Amon et al., 2007) metāna ražas aprēķinam. Mūsu pētījumā metāna ražu abos gados būtiski ietekmēja novākšanas laiks. 2008. gadā augstākās metāna ražas (virs 4500 Nm³ ha⁻¹) no skābētas kukurūzas tika iegūta, izmantojot hibrīdus ‘Silas’, ‘Salgado’ un ‘Celio’. 2009. gadā metāna ražu būtiski ietekmēja hibrīda izvēle, kas bija saistīts ar speciālu (enerģijas ražošanai piemērotu), augsttraģu hibrīdu iekļaušanu pētījumā. Aprēķināts, ka no pieciem hibrīdiem (‘Ronaldinio’, ‘Silas’, ‘Salgado’, ‘Fernandez’, ‘KXA8151’) 2009. gadā varēja iegūt metāna ražu augstāku par 6000 Nm³ ha⁻¹, kas mūsu apstākļos ir teicams rādītājs.

Secinājumi

Divu gadu izmēģinājumi rāda, ka augstākā organiskās sausas raža tika iegūta, kukurūzu novācot pēc iespējas vēlākos novākšanas termiņos. Organiskās sausas ražu abos gados būtiski ietekmēja novākšanas laiks, bet hibrīda izvēle ražu būtiski ietekmēja pēdējā novākšanas reizē, kad salīdzinoši augstāku ražu jau sasnieguši vēlīnākie hibrīdi.

Iegūti pretrunīgi rezultāti par organiskās sausas saturas izmaiņām skābēšanas procesā: 2008. gadā skābēšanas process būtiski samazināja organiskās sausas saturu kukurūzā, bet 2009. gadā – būtiski palielināja. Konstatēta cieša, būtiska korelācija organiskās sausas saturam svaigas un skābētas kukurūzas paraugos. Metāna ražu abos gados būtiski ietekmēja novākšanas laiks. 2009. gadā metāna ražu būtiski ietekmēja hibrīda izvēle, kas bija saistīts ar speciālu (enerģijas ražošanai piemērotu) hibrīdu iekļaušanu pētījumā.

Pateicība

Pētījums veikts, pateicoties projektu finansējumam: „Cilvēkresursu piesaiste atjaunojamo enerģijas avotu pētījumiem” Nr. 2009/0225/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/129 (2009. g.) un LLU Nr. XP-125 „Pētījumi par biogāzes ražošanu un izmantošanu LLU MPS „Vecauce” (2008. g.).

Literatūra

1. Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Machmuller, A., Hopfner-Six, K., Bodiroza, V., Hrbek, R., Friedel, J., Potsch, E., Wagenristl, H., Schreiner, M., Zollitsch, W. (2007)

- Methane Production through Anaerobic Digestion of Various Energy Crops Grown in Sustainable Crop Rotations. *Bioresource Technology*, 98, pp. 3204-3212.
2. Amon, T. (2002) Methane Production from Maize through Anaerobic Digestion: Influence of Variety and Harvesting Time. Available at: https://forschung.boku.ac.at/fis/suche.projekte_eubersicht?sprache_in=en&projekt_id... verified on 14.02.2008.
 3. Cherney, D.J.R., Cherney, J.H., Cox, W.J. (2007) Forage Quality Differences of Corn Hybrids as Influenced by Ensiling. Available at: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/fg/research/2007/ensiling/>, verified on 12.03.2010.
 4. Stekar, J.M.A., Stibilj, V., Golob, A., Kodra, M. (1990) Quality and nutritive value of maize silage prepared from different hybrids. *Zbornik Biotehniške*, 56, pp. 71-74.