

Ziemas rudzu un tritikāles skābbarība biogāzes ražošanai Silage of Winter Rye and Triticale for Biogas Production

Inga Jansone^{1,2}, *Zinta Gaile*²

¹Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūts,

²Latvijas Lauksaimniecības universitātes Agrobiotehnoloģijas institūts

Abstract. Biogas is a combustible gas, obtained from the biomass anaerobic fermentation process. It can be produced from energy plants, manure and biodegradable wastes. The aim of the research was to evaluate the results of bio-methane outcome from rye and triticale silage depending on variety and development stage at harvest. The trial was carried out at State Stende Cereals Breeding Institute in 2009/2010. Three rye varieties: ‘Matador’, ‘Placido’, ‘Dankowskie Nowe’ and three triticale varieties: ‘SW Valentino’, ‘Dinaro’, and the line ‘0002-26’ were included in the trial. Cereals’ biomass was harvested at three development stages: flowering, early-milk stage, and at the beginning of yellow ripening. The average crude protein and ash content in rye and triticale silage was lower in silage, harvested at early-milk stage and yellow ripening stage. The highest, theoretically calculated from data of chemical composition, and in-laboratory determined methane outcome (Nm³ (t ODM)⁻¹) was obtained in rye and triticale silage, that was harvested in flowering stage. Winter rye silage presented higher calculated average outcome of methane in all harvesting stages.

Key words: winter cereals, development stages, chemical composition, methane

Ievads

Biogāze ir deggāze, kas veidojas biomasas anaerobās fermentācijas procesā un sastāv no metāna, oglekļa dioksīda un neliela daudzuma citu gāzu. Biogāzi iespējams iegūt no enerģijas augiem, kūsmēsliem un rūpniecības blakusproduktiem. Saimniecībās, kas nodarbojas ar biogāzes ieguvu, ir svarīgi dažādot šos enerģijas avus, lai nodrošinātu augu maiņu un izvairītos no izejvielu trūkuma, ja, audzējot tikai kādu vienu augu, tā raža nepadodas. Ar ziemas rudzu un tritikāles audzēšanu biogāzes ieguvei šī problēma varētu tikt risināta. Biogāzes ražošana anaerobās fermentācijas ceļā ir optimāls risinājums biomasas pārstrādei, pārvēršot biomasu atjaunojamā enerģijā. Tiek iegūta biogāze un blakusproduktus iespējams izmantot augsnes auglības atjaunošanā. Pēc vācu pētnieku datiem biomasas augu ķīmiskajam sastāvam un novākšanas laikam ir svarīga nozīme, kas ietekmē skābbarības kvalitāti un ražu (Heiermann, et al., 2009).

Pētījuma uzdevums: vērtēt metāna iznākumu no ziemas rudzu un tritikāles skābbarības atkarībā no šķirnes un attīstības fāzes novākšanas laikā.

Materiāli un metodes

Izmēģinājums iekārtots Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūtā 2009. gada rudenī velēnu podzolētā smilšmāla augsnē, kas raksturojās ar šādiem rādītājiem: pH KCL 5.6-6.0, organiskās vielas saturs 22-26 g kg⁻¹, augiem viegli izmantojamā P₂O₅

saturs 228-230 mg kg⁻¹, K₂O – 181 mg kg⁻¹. Izmēģinājumā pētītas trīs rudzu (šķirnes: ‘Matador’, ‘Placido’, ‘Dankowskie Nowe’) un trīs tritikāles šķirnes (‘SW Valentino’, ‘Dinaro’ un līnija ‘0002-26’). Graudaugu biomasa novākta trīs attīstības fāzēs: ziedēšanas (AS 60-62), piengatavības (AS 70-72) un dzeltengatavības sākumā (AS 80-82). Rudzi un tritikāle plauti ar rokas zāles plāvēju, nosakat katra atkārtojuma zaļo masu uz lauka ar svariem ACCULAB SV – 30, ar precizitāti 0.005 kg. No visiem četriem atkārtojumiem ņemts vidējais paraugs skābēšanai un analīžu veikšanai. Skābbarība analizēta 180 dienas pēc ieskābēšanas. Noteikts sausnas (LVS ISO 712 – 2003) un pelnu (XY) (ISO 5984:1978) saturs, g kg⁻¹, un no šiem rādītājiem aprēķināts organiskās sausnas saturs (ODM). Skābbarības paraugiem noteica arī: (1) kopproteīna (XP), g kg⁻¹ (LVS EN ISO 5983-2:2009); (2) kokšķiedras (XF), g kg⁻¹ (ISO 5498:1981); (3) koptauku (XT), g kg⁻¹ (ISO 6492:1999); saturu. Skābbarības ķīmiskās analīzes veica LLU Agronomisko analīžu zinātniskajā laboratorijā. Metāna iespējamo iznākumu labībām aprēķina pēc literatūrā aprakstītā vienādojuma (Amon, et al., 2007) ((1) formula):

$$MEV = 5.904 \times XP + 3.79 \times XF + 1.352 \times BEV, \text{ kur} \quad (1)$$

MEV – metāna iznākums Nm³ t⁻¹ organiskās sausnas.

BEV – bezslāpekļa ekstraktvielas, g kg⁻¹, aprēķinātas pēc (2) formulas:

$$BEV = 1000 - XP - XF - XT - XY, \quad (2)$$

Biogāze laboratorijas apstākļos tika noteikta ziemas rudzu šķirnes ‘Placido’ un tritikāles šķirnes ‘Dinaro’ skābbarības paraugiem visos plaušanas laikos BiNoLab laboratorijā (Vācijā) pēc VDI 4630 metodes. Biogāzes un metāna iznākums izteikts normkubikmetros – Nm³ (t ODM)⁻¹ (Nm³ – kubikmetrs gāzes pie 0 °C temperatūras un 1013 mbar spiediena). Datu matemātiskā izvērtēšana veikta, izmantojot 2 faktoru dispersijas analīzi.

Rezultāti un diskusija

Lai varētu norisināties anaerobie procesi, ir nepieciešama mikroorganismu attīstībai labvēlīga vide. Fermentācijas procesā svarīga ir skābbarībā esošās barības vielas. Būtisku ietekmi uz metāna iznākumu pēc citu autoru (Amon et al., 2007; Herrmann et al., 2011) pētījumu datiem dod kopproteīna un kokšķiedras saturs labību skābbarībā. Pētītajām sugām un šķirnēm skābbarības novākšanas laiks ietekmēja barības vielu saturu skābbarībā. Rudzu un tritikāles šķirnēm kopproteīna saturs augstāks tika konstatēts ziedēšanas fāzē: tritikāles šķirnēm no 91.7 – 95.6 g kg⁻¹, rudzu šķirnēm no 107.0 – 120.6 g kg⁻¹. Abu labību biomasai nogatavojoties līdz dzeltengatavības sākumam, kopproteīna saturs samazinājās (1. tab.). Arī Kanādas zinātnieku (Khorasani et al., 1997) pētījumos konstatēts, ka kopproteīna saturs ir zemāks skābbarībai, kas vāka vēlākās attīstības fāzēs. Līdzīga tendence novērota arī kokšķiedras un pelnu satura izmaiņām pētītajās tritikāles šķirnēs. Rudzu šķirnēm augstākais kokšķiedras saturs tika konstatēts ziedēšanas fāzē (344.27 g kg⁻¹), zemākais – piengatavības fāzē (295.83 g kg⁻¹). Savukārt koptauku satura izmaiņām rudzu skābbarībā novērota līdzīga tendence kā kopproteīna satura izmaiņām, bet tritikāles skābbarībā augstākais koptauku saturs atzīmēts piengatavības fāzē (23.3 g kg⁻¹) un zemākais - dzeltengatavības fāzē

(14.5 g kg⁻¹) (1. tab.). Citu pētnieku dati liecina, ka augstvērtīgāko skābbarību no graudaugiem var iegūt, tos plaujot vārpošanas-ziedēšanas laikā (Grant, Stock, 1990).

Teorētiski aprēķinātais metāna iznākums ziemas rudziem un tritikālei dažādās attīstības fāzēs bija atkarīgs no skābbarības ķīmiskā sastāva izmaiņām. Augstākais metāna iznākums (Nm³ (t ODM)⁻¹) visām pētītajām šķirnēm gan rudziem, gan tritikālei bija vērojams ziedēšanas fāzē un atbilstoši – no piengatavības un dzeltengatavības fāzē vāktas skābbarības abām pētītajām sugām metāna iznākums bija zemāks un līdzīgs (2.tab.). Vācu pētnieku rezultāti liecina par tādu pašu tendenci (Heiermann, Plöchl, 2004). Starp pētītajām šķirnēm tika novērota nelielas atšķirības metāna iznākumā.

Vērtējot metāna iznākumu no abu ziemāju labību skābbarības, konstatēts, ka to ietekmē skābbarības novākšanas laiks ($\eta=64\%$) un pētītā suga ($\eta=8\%$). Salīdzinot abas labības, vidēji augstāku metāna iznākumu ieguva no ziemas rudzu skābbarības: novācot ziedēšanas fāzē par 6% augstāku, piengatavības fāzē – par 1% un dzeltengatavības fāzē – par 2% augstāku kā no tritikāles skābbarības.

1. tabula

**Ziemas rudzu un tritikāles vidējie skābbarības kvalitātes rādītāji
atkarībā no novākšanas laika, g kg⁻¹**

Novākšanas fāzes	Suga	Kopproteīns	Koksšķiedra	Koptauki	Pelni
Ziedēšana	Tritikāle	93.47	344.27	21.33	55.03
	Rudzi	114.43	377.93	28.23	58.97
Piengatavība	Tritikāle	86.80	307.77	23.33	50.37
	Rudzi	87.20	295.83	21.70	42.03
Dzeltengatavība	Tritikāle	80.97	294.07	14.53	42.53
	Rudzi	70.93	337.00	18.17	41.97

Praktiski laboratorijā noteiktā metāna iznākums atkarībā no labību novākšanas fāzes mainījās atbilstoši līdzīgai tendencei, kā teorētiski aprēķinātais (3.tab.). Līdzīgi dati atrodami literatūrā (Plöchl et al., 2009). Metāna saturs BiNoLab laboratorijā (Vācijā) noteiktajā biogāzē, kas iegūta no tritikāles skābbarības, bija 54%, bet tajā, kas iegūta no ziemas rudzu skābbarības – 58-59%. Šis rādītājs jāvērtē kā labs (50-60%), un ar tādu metāna saturu iegūtā biogāze tiek uzskatīta par augstvērtīgu.

2. tabula

**Metāna iznākums no ziemas rudzu un
tritikāles skābbarības atkarībā no novākšanas laika**

Suga, šķirne	Metāna iznākums Nm ³ (t ODM) ⁻¹		
	Ziedēšanas	Piengatavības	Dzeltengatavības
Ziemas rudzi			
‘Matador’	270.63	234.69	243.52
‘Dankowskie Nowe’	266.92	254.76	247.34
‘Placido’	264.99	234.31	233.29
Vidēji rudziem	267.51	241.25	241.38
Tritikāle			
Līn. ‘0002-26’	251.92	251.70	232.49
‘Dinaro’	246.30	232.02	238.15
‘SW Valentino’	255.43	233.73	237.02
Vidēji tritikālei	251.21	239.15	235.88

Analizējot praktiski laboratorijā iegūto un teorētiski aprēķināto metāna iznākumu ziedēšanas un piengatavības fāzē novāktajai tritikāles skābbarībai, laboratorijā no 1 t OMD tika iegūts par 7 – 10% vairāk metāna kā aprēķināts (3.tab.), izmantojot ķīmiskā sastāva rādītājus. Atšķirība nav liela un to izskaidrot pagaidām pēc viengadīga pētījuma datiem nevar.

Laboratorijā iegūtais metāna iznākums no ziemas rudzu skābbarības savukārt bija par 7 – 17% zemāks kā aprēķinātais (3.tab.). Arī šeit izskaidrojums jāmeklē turpmākajos pētījuma gados.

3. tabula

Praktiski noteiktā un teorētiski aprēķinātā metāna iznākuma salīdzinājums

Suga, šķirne	Novākšanas laiks	Metāna iznākums, Nm ³ (t ODM) ⁻¹		Atšķirības starp aprēķināto un noteikto iznākumu	
		noteikts laboratorijā	aprēķināts	± Nm ³	± % no aprēķinātā
Tritikāle ‘Dinaro’	Ziedēšanas	271.08	246.30	+24.78	+10
	Piengatavības	248.94	232.02	+16.92	+7
	Dzeltengatavības	229.50	238.15	-8.65	-4
Ziemas rudzi ‘Placido’	Ziedēšanas	220.07	264.93	-44.87	-17
	Piengatavības	218.89	234.31	-15.42	-7
	Dzeltengatavības	194.88	233.29	-38.41	-16

Secinājumi

Augstākas kvalitātes skābbarību no abām labībām ieguva, biomasu novācot ziedēšanas fāzē. Skābbarības kvalitāte ietekmēja gan teorētiski aprēķinātā, gan laboratorijā noteiktā metāna iznākumu: abos gadījumos tas visaugstākais bija labību ziedēšanas fāzē. Vērtējot teorētiski aprēķinātā metāna iznākumu sugu robežās, augstāks tas konstatēts ziemas rudziem. Arī izmantotā šķirne nedaudz ietekmēja metāna iznākumu. Praktiski noteiktajam metāna iznākumam bija vērojamas 7-17% lielas atšķirības no aprēķinātā metāna iznākuma.

Literatūra

1. Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Machmüller, A., Hopfner–Sixt, K., Bodiroza, V., Hrbek, R., Friedel, J., Pötsch, 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. Grant, R., Stock, R. Harvesting and Preserving Hay Crop Silage (1990) [tiešsaiste] [skatīts 19.09.2011]. Pieejams: [www.foragebeef.ca/\\$foragebeef/frgebeef.nsf/all/frg70/\\$FILE/silageharvesting.pdf](http://www.foragebeef.ca/$foragebeef/frgebeef.nsf/all/frg70/$FILE/silageharvesting.pdf).
3. Heiermann, M., Plöchl, M., Linke, B., Schelle, H., Herrmann, C. (2009) Specifications and Suitability of Field Crops for Anaerobic Digestion [tiešsaiste][skatīts 24.08.2011]. Pieejams: <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/viewFile/1087/1193>.
4. Heiermann, M., Plöchl, M. (2004) Crops – a big potential for biogas production: [World Renewable Energy Congress, 2004]: [tiešsaiste] [skatīts 05.08.2010]. Pieejams: http://www.atb-potsdam.de/Hauptseite-deutsch/Institut/Abteilungen/Mitarbeiter/mheiermann/publication/WREC_D.HEIERMANN_PLO.
5. Herrmann, C., Heiermann, M., Idler, C. (2011) Effects of ensiling, silage additives and storage period on methane formation of biogas crops. *Bioresource Technology*, 102, pp. 5153-5161.
6. Khorasani, G.R., Jedel, P.E., Helm, J.J. (1997) Influence of stage of maturity on yield components and chemical composition of cereal grain silages. *Can. J. Animal Sciences*, 77, pp. 259-267
7. Plöchl, M., Heiermann, M., Linke, B., Schelle, H. (2009) Biogas Crops – Part II: Balance of Greenhouse Gas Emissions and Energy from Using Field Crops for Anaerobic Digestion: [tiešsaiste] [skatīts 10.09.2010]. Pieejams: <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/viewFile/1086/1191>.