

Biodujų gamybai tinkamiausios paprastosios šunažolės (*Dactylis glomerata* L.) veislės, selekcinės linijos ir ekotipai

Nijolė LEMEŽIENĖ, Juozas KANAPECKAS, Bronislava BUTKUTĖ

Lietuvos žemdirbystės institutas
Instituto al. 1, Akademija, Kėdainių r. sav.
El. paštas: nijole@lzi.lt

Santrauka

Tyrimai atlikti 2007–2008 m. Lietuvos žemdirbystės institute, Žolių selekcijos skyriaus bandymų laukuose ir Cheminių tyrimų laboratorijoje. Pagal agrobiologinių požymių kompleksą ir savybes bei biomasės cheminę sudėtį tirta paprastosios šunažolės genetinė kolekcija, sudaryta iš 9 veislių, 7 selekcinų linijų bei 38 laukinių ekotipų. Tirta genetinė medžiaga skyrėsi vieno augalo metiniu biomasės derliumi (522–362 g), augalų aukščiu (125–143 cm), ankstyvumu arba plaukėjimo pradžios data (gegužės 10–22 d.), atžėlimu pavasarį (4–9 balai), generatyvinių stiebų bei žiedynų gausa (5–9 balai) ir kitais agrobiologiniais požymiais. Šunažolės genetinė-selekcinė medžiaga buvo nevienodos kokybės: žalių baltymų kiekis svyravo nuo 92 iki 153 g kg⁻¹ SM, vandenyje tirpių angliavandenių – nuo 165 iki 266 g kg⁻¹ SM, lignino – nuo 24,5 iki 76,5 g kg⁻¹ SM, C ir N santykis – nuo 17,2 iki 32,2.

Nustatyta, kad iš paprastosios šunažolės tirtų 54 veislių, selekcinų linijų bei ekotipų pagal agrobiologinių požymių kompleksą ir biomasės cheminę sudėtį biodujų gamybai būtų tinkamiausios lietuviškos veislės 'Aukštuolė' bei 'Regenta'. Šios veislės formuoja didelį metinį vieno augalo žolės derlių (atitinkamai 522 ir 513 g) ir turi mažą lignino (35,1 ir 24,5 g kg⁻¹ SM) bei neutraliame tirpale išplautos ląstelių (485 ir 456 g kg⁻¹ SM) kiekį. Veislės 'Aukštuolė' bei 'Regenta' išsiskyrė ir optimaliomis arba artimomis C ir N santykinėmis reikšmėmis – atitinkamai 26,2 ir 32,2.

Reikšminiai žodžiai: *Dactylis glomerata* L., agrobiologiniai požymiai, biodujos, biomasė, kokybės rodikliai, ligninas.

Įvadas

Lietuvoje apytikriai 54 % viso žemės ploto sudaro žemės ūkio naudmenos, o pievos ir ganyklos užima apie 27 %. Didelį žalienu plotą lemia dirvožemio ir reljefo įvairovė. Lietuvoje pievų ir ganyklų žolė tradiciškai naudojama galvijų pašarui, tačiau sparčiai mažėjant gyvulių kiekiui, mažėja ir žolinių pašarų poreikis. Be to, besikeičianti ES ir kartu Lietuvos politinė bei ekonominė situacija verčia ieškoti būdų, kaip žolės panaudoti ir netradiciškai: mulčiuoti, antieroziniais, rekreaciniais, rekultivaciniais, energiniais tikslais ir kt. Itin reikšminga gali būti pastaroji alternatyva, kai pašarinių žolių biomasė naudojama silosuojant, gaminant biodujas. Ekonominiu atžvilgiu biodujų gamybai tinkamiausios augalų rūšys yra tos, kurios stabiliai formuoja daug biomasės, nereiklios auginimui, atsparios žiemojimui, sausras ir kitiems nepalankiems veiksniams. Šiuos reikalavimus atitinka Lietuvos klimato sąlygomis prisitaikiusi augti paprastoji

šunažolė. Kad energiniai augalai visiškai atitiktų savo paskirtį, jų biomasė turi būti kuo greičiau ir geriau perdirbama į biodujas. Tačiau biomasė yra sudėtinga medžiaga, kurią sudaro įvairūs komponentai, besiskiriantys gebėjimu suirti anaerobinėmis sąlygomis. Užsienio mokslininkų tyrimų duomenimis, biodujų gamybai naudojamų rūšių bei genotipų biomasės sudėtyje turi būti didelis kiekis baltymų, angliavandenių, optimalus C bei N santykis ir sunkiai anaerobinių mikrobu virškinamos celiuliozės, hemiceliuliozės bei nevirškinamo lignino /El Bassam, 1998, Weiland, 2003/. Vertinant žolių biomasės tinkamumą biodujų gamybai, būtina turėti informacijos apie pagrindinių makroelementų, pavyzdžiui, azoto, anglies ir kitų elementų, kiekį. Pagal J. P. Juangą (2005), jų reikia anaerobinių mikrobu apykaitai palaikyti ir anaerobiniam metanogenezės procesui stabilizuoti. Per didelis baltymų ir kitų azotinių medžiagų kiekis gali sukelti didelės amoniako koncentracijos susidarymą, o ši – slopinti anaerobinių metanogenezės mikrobu veiklą /Lay et al., 1998/.

Siekiant identifikuoti genetinę medžiagą, formuojančią didžiausią biomasės kiekį ir atitinkančią optimalius kokybės kriterijus, būtinas rūšies genetinės kolekcijos įvertinimas.

Tyrimo tikslas – produktyvių ir biodujų gamybai subalansuotos cheminės sudėties paprastosios šunažolės genetinių išteklių identifikavimas.

Sąlygos ir metodai

Tyrimams kolekcija įrengta iš šiltnamyje išaugintos paprastosios šunažolės genetinės medžiagos, kurią sudarė 9 veislės, 7 selekcinės linijos bei 38 laukiniai ekotipai, iš viso 54 vnt. Kiekvieno pavyzdžio pasodinta po 30 augalų (2 pakartojimai po 15), 50 x 50 cm atstumu. Į kas 10-tą laukelį pasodinti standartinės veislės 'Aukštuolė' augalai.

2007 m. tirti požymiai – krūmijimosi intensyvumas ir tendencija sėjos metais formuoti žiedinius ūglius. Dauguma morfologinių arba ūkiškai naudingų požymių tirta 2008 m., visą laukelį įvertinant balais. Buvo tirta: atžėlimas pavasarį, kero skersmuo ir tankumas, stiebų bei žiedynų gausumas, lapų plotis, jautrumas miltligės, rūdžių bei dėmėtligių sukėlėjams ir kt. Vertinta 1–9 arba 3–7 balų sistema, kai 1 ir 3 – labai maža arba maža požymio reikšmė, 5 – vidutinė, o 7–9 – didelė arba labai didelė /Tyler, 1987/. I bei II pjūties vidutinis vieno augalo žolės derlius (g) nustatytas iš pasvertų viso laukelio augalų. Vidutinis augalų aukštis (cm) nustatytas abiejuose pakartojimuose išmatavus po 5 augalus su žiedynais.

I pjūtis atlikta kiekvienos veislės, selekcinio numerio arba laukinio ekotipo augalų plaukėjimo pradžios tarpsniu, II ir III – atžėlus atolui. Ėminiai biomasės cheminei sudėčiai nustatyti imti 2008 m. prieš I pjūtį augalų plaukėjimo pradžios tarpsniu, kartu su ėminiais iš kai kurių pakartojimų.

Mėginių paruošimas cheminėms analizėms. Prieš džiovinimą švieži žolių ėminiai kapokle susmulkinami 3–5 cm ilgio gabalėliais, 15 min fiksuoti +105 °C ir išdžiovinti +65 ± 5 °C temperatūroje. Sumalti cikloniniu malūnu, naudojant sietą su 1 mm skersmens akutėmis.

Cheminių analizių metodai. Žolės mėginiuose žalių baltymų, vandenyje tirpių angliavandenių ir neutraliame tirpale išplautos ląstelių (NDF) kiekis nustatytas artimosios srities infraraudonųjų spindulių spektrometru NIRS-6500 /Butkutė ir kt., 2003/. Silpnose rūgštyse išplauta ląstelių frakcija (ADF) bei ligninas (ADL) nustatyti pagal

Van Soesto ląstelienos frakcionavimo metodiką /Faithfull, 2002/. Celiuliozės bei hemiceliuliozės kiekis apskaičiuotas: celiuliozė = ADF – ADL, hemiceliuliozė = NDF – ADF /Rinne et al., 1997; Hindrichsen et al., 2006/. Suminio azoto ir anglies koncentracija nustatyta Diuma (Dumas) metodu. Diuma metodas (EN ISO 16634) pagrįstas medžiagos sausos oksidacijos (deginimo) technika maždaug +900 °C temperatūroje su kontroliuojamu O₂ kiekiu. Automatinio analizatoriumi „Vario EL III“ mėginio azoto koncentracija nustatyta kartu su anglies koncentracija.

Tyrimų metais vegetacijos laikotarpio temperatūra buvo didesnė už daugiamečių vidurkį, o kelių mėnesių kritulių kiekis – mažesnis. Nedidelis kritulių kiekis iškrito 2007 m. balandžio ir rugpjūčio–spalio mėnesiais. 2008 m. drėgmės trūko gegužės, liepos ir rugsėjo mėnesiais. Augalams augti ir vystytis tyrimų metais meteorologinės sąlygos buvo vidutiniškai palankios.

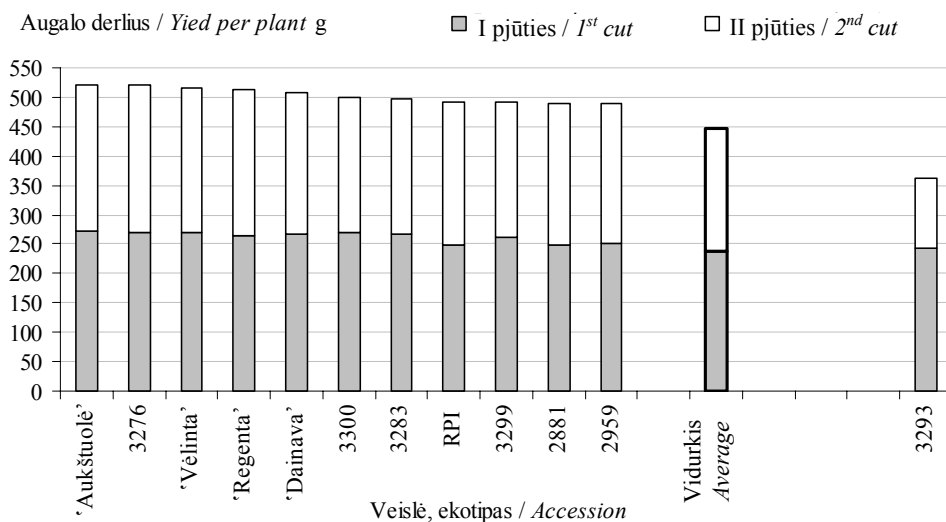
Rezultatai ir jų aptarimas

Žolės derlius (biomasė) ir kiti ūkiniu atžvilgiu naudingi požymiai. Biodujų gamybai labai svarbu augalo biomasės kiekis, t. y. žolės derlius. Siekiant identifikuoti ir atrinkti vertingiausias pavyzdžius, atliktas paprastosios šunažolės 54 veislių, selekcinųjų numerių bei laukinių ekotipų ūkiniu atžvilgiu naudingų požymių įvertinimas. Vieno augalo metinio biomasės derliaus kaita buvo didelė – nuo 522 iki 362 g. Šiuo požymiu labiausiai išsiskyrė lietuviškos veislės ‘Aukštuolė’, ‘Vėlinta’, ‘Regenta’ bei ‘Dainava’ ir selekcinis numeris 2959. Jų vieno augalo žolės (I pjūtis + atolas) vidutinis derlius buvo atitinkamai 522, 515, 513 bei 508 ir 488 g (1 pav.). Iš laukinių ekotipų derlingiausi buvo 3276 (Lietuva), 3300 (Ukraina) ir 3283 (Lenkija). Jų vidutinis vieno augalo žolės derlius buvo atitinkamai 520, 499 ir 496 g. Biomasės kiekio stabilumui užtikrinti labai svarbu, kad po pjūčių žolė gerai atželtų. Būtent paprastajai šunažolei būdingas geras atolingumas. Tyrimo metu nustatyta, kad vieno augalo II pjūties žolės derlius sudarė vidutiniškai 47,2 % metinio derliaus, tačiau visos tirtos genetinės kolekcijos šis požymis buvo nevienodas ir svyravo nuo 49,5 % (laukinis ekotipas Nr. 3277, Lietuva) iki 32,9 % (laukinis ekotipas Nr. 3293, Ukraina). Didelio biomasės derliaus – lietuviškai veislei ‘Aukštuolė’ bei laukiniam ekotipui 3276 – augalams buvo būdingas ir didelis atolingumas: jų vieno augalo II pjūties žolės derlius buvo 250 g, t. y. 48 % metinio derliaus.

Tirtoje paprastosios šunažolės genetinėje kolekcijoje patys aukščiausi buvo lietuviškos veislės ‘Aukštuolė’ augalai (1 lentelė). Plaukėjimo pradžioje jų aukštis siekė 143 cm. Nuo šios veislės nedaug atsiliko derlingi laukiniai ekotipai 3283 – 142 cm, 3300 – 141 cm bei 3276 – 140 cm ir selekcinis numeris 2959 – 139 cm, o produktyvios veislės ‘Dainava’ augalai buvo žemi – 130 cm.

Iš žiedynų bei stiebų gausumo galima spręsti apie veislės, selekcinio numerio arba laukinio ekotipo sėklingumą. Veislių ‘Aukštuolė’, ‘Regenta’, ‘Dainava’ ir kitų anksčiau minėtų derlingiausių laukinių ekotipų ir selekcinųjų linijų generatyvinių stiebų bei žiedynų gausumas buvo įvertintas 9 arba 8 balais. Taigi jie formavo didelį ne tik žolės, bet ir sėklų derlių.

Paprastoji šunažolė yra viena iš ankstyviausių daugiamečių žolių rūšių. Didelis ankstyvumo požymio polimorfizmas egzistuoja ir rūšies viduje. Ankstyviausio laukinio ekotipo (3249) augalų plaukėjimo pradžia užfiksuota gegužės 10, o vėlyviausių (veislių ‘Vėlinta’ ir ‘Dainava’) – gegužės 22 dieną.



Pastaba / *Note.* R₀₅ I pjūtis derliaus – 12,1 g, atolo derliaus – 9,6 g / *LSD₀₅ 12.1 g – for yield of 1st cut, and LSD₀₅ 9.6 g – for aftermath.*

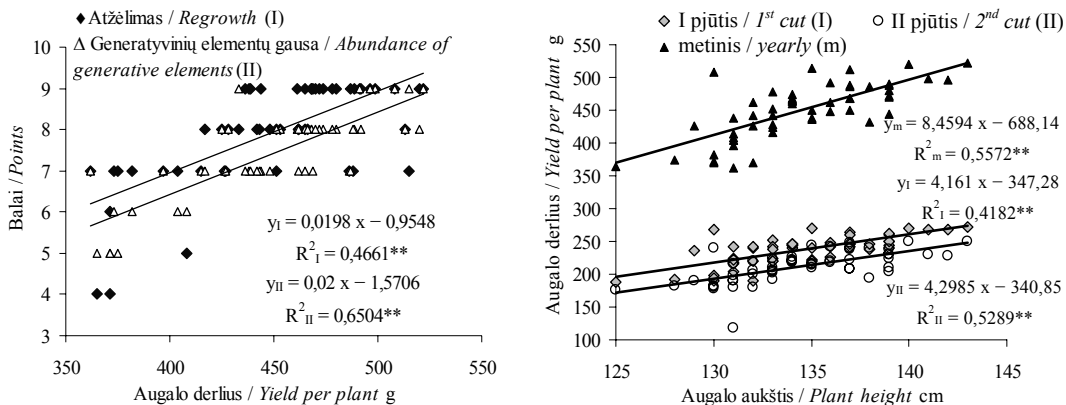
1 paveikslas. Paprastosios šunažolės veislių ir ekotipų vieno augalo žolės derlius
Figure 1. Dry matter yield per plant of cocksfoot accession

1 lentelė. Paprastosios šunažolės derlingiausių veislių, selekcinėjų linijų bei ekotipų agrobiologiniai požymiai ir jų verčių kaita genetinėje kolekciijoje

Table 1. Agrobiological traits of the most productive cocksfoot accessions and fluctuation of their values in the genetic collection

Veislė, selekcinė linija arba ekotipas <i>Variety, breeding line or ecotype</i>	Plaukėjimo data <i>Date of inflorescence emergence</i>	Atžėlimas pavasarį balais <i>Early spring growth, points</i>	Generatyvinių stiebų ir žiedynų gausa balais <i>Abundance of inflorescences, points</i>	Vidutinis augalo aukštis <i>Plant height cm</i>	Jautrumas lapų rūdžių pažeidimui balais <i>Susceptibility to leaf rust, points</i>
'Aukštuolė'	05-20	9	9	143	2
3276	05-19	9	8	140	2
'Vėlinta'	05-22	7	9	135	2
'Regenta'	05-21	8	8	137	2
'Dainava'	05-22	9	9	130	2
3300	05-13	9	9	141	3
3283	05-13	9	9	142	2
RPI	05-13	9	8	136	2
3299	05-15	9	9	139	2
2881	05-13	9	8	137	2
2959	05-13	7	8	139	2
Verčių kitimo ribos <i>n = 54</i>					
<i>Fluctuation range of values n = 54</i>	05-10–22	4–9	5–9	125–143	2–4

Greitu (9 balai) pavasariniu atžėlimu pasižymėjo 23 pavyzdžiai. Tai daugiausia ankstyvesnės vegetacijos bei greitesnio vystymosi genetinė medžiaga, tačiau yra ir išimčių. Pvz., veislė 'Dainava' pavasarį greitai atželia, nors yra viena iš pačių vėlyviausių. Apskaičiuoti koreliaciniai ryšiai tarp šunažolės agrobiologinių požymių ir augalo derliaus (2 pav.). Visus tirtus požymius su augalų derliumi sieja esminis ($P < 0,01$) tiesioginis ryšys. Su I pjūties ($R^2 = 0,8650^{**}$) ir metiniu derliumi ($R^2 = 0,6504^{**}$) glaudžiau koreliavo generatyvinių stiebų bei žiedynų gausa nei augalo aukštis ($R^2 = 0,5572^{**}$) ar atžėlimas pavasarį ($R^2 = 0,4661^{**}$). Augalo aukštis daugiau įtakos turėjo II pjūties derliui ($R^2 = 0,5289^{**}$) nei I pjūties ($R^2 = 0,4182^{**}$).



2 paveikslas. Agrobiologinių požymių ir augalo derliaus sąsajos

Figure 2. The relationship between agrobiological traits and yield per plant

Silpniau, tačiau iš esmės, t. y. 95 proc. tikimybės lygiu, augalo metinis derlius buvo susijęs su plaukėjimo data ($r = 0,329^*$) ir jautrumu lapų rūdžių sukėlėjams ($r = -0,305^*$).

Žolės (biomasės) sausųjų medžiagų (SM) kokybės rodikliai. Paprastosios šunažolės įvairių genetinę medžiagą vertinant kaip biodujų gamybos fitožaliavą, būtina žinoti biomasėje sukauptų žalių baltymų, vandenyje tirpių angliavandenių (VTA), neutraliame tirpale išplautos ląstelienos (NDF) ir jos sudėtinių dalių (celiuliozės, hemiceliuliozės bei lignino) kiekį ir anglies bei azoto santykį (C:N).

Cheminiams tyrimams atrinkta paprastosios šunažolės 21 produktyvus pavyzdys: 4 veislės, 4 selekciniai numeriai ir 13 laukinių ekotipų. Gauti duomenys pateikti 2 lentelėje. Žali baltymai yra vienintelis biomasę į biodujas perdirbančių mikrobus turintis azoto maisto komponentas, todėl jo koncentracija biomasėje, skirtoje biodujų gamybai, turi būti optimali. Dideliu žalių baltymų kiekiu išsiskyrė lietuviški laukiniai ekotipai 3243, 3301, 3277, 2932 bei ukrainietiškas 3294, kurių sausosiose medžiagose žalių baltymų koncentracija buvo didesnė nei $145 \text{ g kg}^{-1} \text{ SM}$.

Cukrus arba vandenyje tirpius angliavandenius (VTA) mikrobai fermentuoja labai greitai ir juos visiškai išsivina. VTA kiekis tolygus greitai gaunamos energijos kiekiui mikrofloros veiklai suaktyvinti. Jie turi labai didelę įtaką žolių biomasės anaerobinės fermentacijos procesui, jo greičiui ir kokybei. Didžiausiu (daugiau kaip $254 \text{ g kg}^{-1} \text{ SM}$)

kiekiu angliavandenių išsiskyrė laukiniai ekotipai 3300 (Lietuva), 3283 (Lenkija) ir 3252 (Lietuva). Kitų tirtų numerių biomasė taip pat buvo turtinga angliavandenių, o šio rodiklio vertės svyravo nuo 196 iki 248 g kg⁻¹ SM.

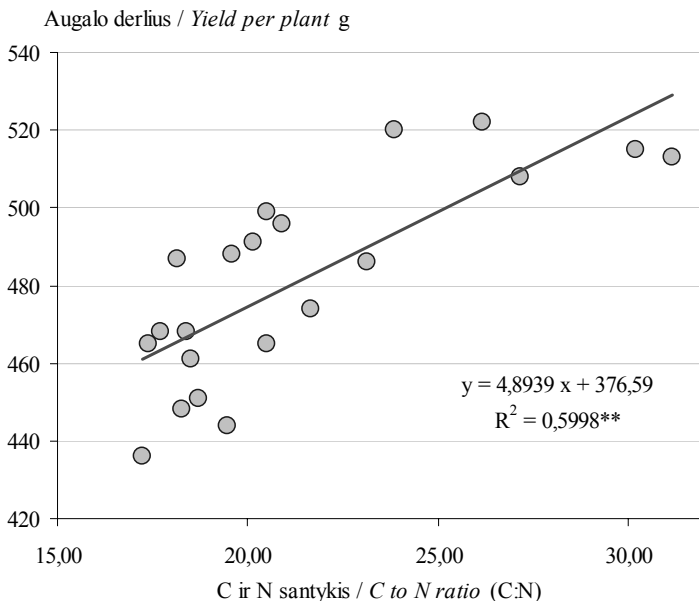
2 lentelė. Paprastosios šunažolės veislių, selekcinų linijų bei ekotipų biomasės sausųjų medžiagų kokybė plaukėjimo pradžios tarpsniu

Table 2. Dry matter quality of cocksfoot biomass at the beginning of inflorescence emergence stage

Veislė, selektinė linija arba ekotipas <i>Variety, breeding line or ecotype</i>	Žali baltymai g kg ⁻¹ SM <i>Crude protein g kg⁻¹ DM</i>	VTA g kg ⁻¹ SM <i>WSC g kg⁻¹ DM</i>	N g kg ⁻¹ SM <i>N g kg⁻¹ DM</i>	C g kg ⁻¹ SM <i>C g kg⁻¹ DM</i>	C:N	NDF g kg ⁻¹ SM <i>NDF g kg⁻¹ DM</i>	Ligninas g kg ⁻¹ SM <i>Lignin g kg⁻¹ DM</i>
'Aukštuolė'	106	203	17,3	453	26,2	485	35,1
'Regenta'	92	243	14,1	453	32,2	456	24,5
'Vėlinta'	98	165	15,0	454	30,2	486	57,7
'Dainava'	103	193	16,8	457	27,2	540	30,0
3252	139	266	24,7	452	18,3	436	43,2
3243	145	244	24,5	455	18,5	461	36,0
3292	139	231	25,7	455	17,7	494	71,0
3294	146	212	26,1	454	17,4	497	45,2
3299	127	241	22,5	453	20,1	514	37,1
3290	138	241	24,3	454	18,7	506	47,6
2954	123	247	22,2	455	20,5	509	35,4
2735	127	210	23,5	457	19,5	511	76,0
3307	119	229	21,0	456	21,7	516	36,4
3301	153	248	24,7	455	18,4	486	28,0
3300	132	254	22,0	452	20,5	480	46,5
3283	127	266	22,0	461	20,9	480	28,5
2958	115	238	19,5	452	23,2	484	41,7
2959	125	196	23,2	454	19,6	513	34,9
3276	118	217	19,4	463	23,8	525	52,3
3277	152	202	25,0	453	18,2	512	41,1
2932	148	215	26,4	455	17,2	461	76,7
Vidurkis <i>Average</i>	129	227	21,9	455	21,4	493	44,0

Vienas svarbiausių biomasės, skirtos perdirbti į biodujas, rodiklių yra jos anglies ir azoto santykis. Literatūros šaltiniai nurodo įvairias C:N rodiklio ribas: teigiama, kad optimali jo reikšmė yra 20–30 /Cotana, Giraldi, 2007; Komatsu et al., 2008/, 15–30 /Holliday et al., 2008/ arba 25–30 /Osman et al., 2006/. Tirtos paprastosios šunažolės genetinės medžiagos biomasėje šio santykio verčių amplitudė buvo optimali arba artima optimaliai biodujoms gaminti, t. y. kito nuo 17,2 iki 32,2 (2 lentelė). Iš tirtų 21 pavyz-

džio 10-ties šio santykio reikšmė buvo mažesnė nei 20. Iš tirtos genetinės kolekcijos optimaliomis arba artimomis optimalioms C:N santykinėmis vertėmis išsiskyrė visų produktyvių veislių ('Regenta' – 32,2, 'Vėlinta' – 30,2, 'Dainava' – 27,2, 'Aukštuolė' – 26,2) augalų biomasė. C:N vertė biomasėje su augalo metiniu derliumi buvo susijusi esant 99 proc. tikimybės lygiui (3 pav.). Matyt, augalo produktyvumui turi įtakos fotosintezės procesų intensyvumo (C kaupimas) ir azoto įsisavinimo efektyvumo (N kaupimas) suderinamumas.

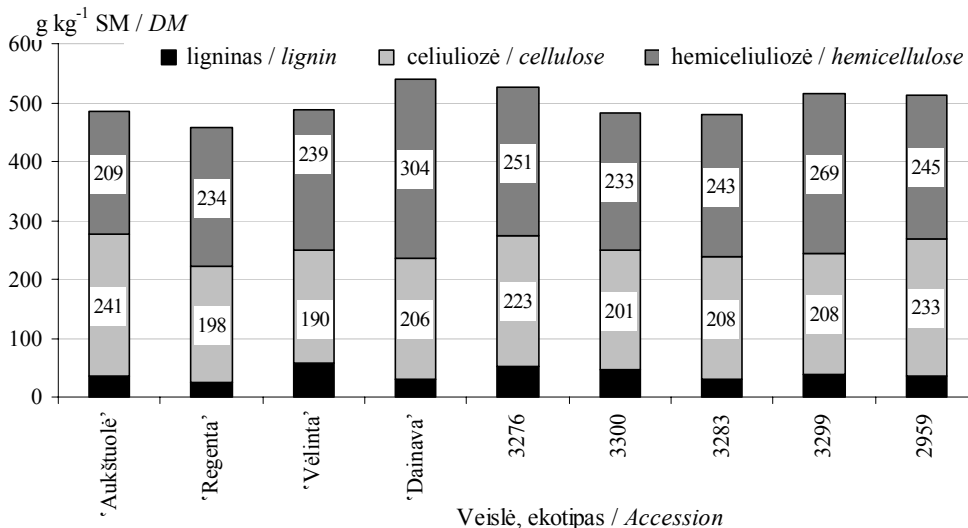


3 paveikslas. Augalo biomasės metinio derliaus ir C:N sąsaja

Figure 3. The relationship between annual biomass yield per plant and C:N value

Plaukėjimo pradžioje tirtos genetinės medžiagos biomasės sausiosiose medžiagose neutraliame tirpale išplautos ląstelienos (NDF) kiekis svyravo nuo 436 (Nr. 3252) iki 540 ('Dainava') $g\ kg^{-1}$ SM (2 lentelė). Mažiausiai ląstelienos turėjo Lietuvoje surinkto laukinio ekotipo 3252 ir veislės 'Regenta' augalai. Tirtų numerių biomasėje lignino kiekis svyravo nuo 24,5 iki 76,7 $g\ kg^{-1}$ SM, arba nuo 5,4 iki 16,6 % ląstelės sienelės NDF. Mažiausiu lignino kiekiu išsiskyrė veislės 'Regenta', 'Dainava' bei 'Aukštuolė', laukiniai ekotipai 3301 bei 3283 ir selekcinis numeris 2959. Tačiau žolių biomasę vertinant kaip biodujų gamybos fitožaliavą, nepakanka nustatyti vien bendrą ląstelių sienelių kiekį, t. y. NDF. Pagrindiniai ląstelių sienelės komponentai – struktūriniai angliavandeniai, t. y. hemiceliuliozė ir celiuliozė, – yra potencialūs anaerobinių mikrobu substratai. Tačiau visų pirma šie polisacharidai turi būti fermentais hidrolizuoti iki monosacharidų. Celiuliozė bei hemiceliuliozė skiriasi ir monomerų sudėtimi, ir jungčių kilme. Celiuliozė yra labai kompaktiškas ir homogeniškas polimeras, sudarytas iš D-gliukozės molekulių, sujungtų β -1,4 glikozidinėmis jungtimis. Hemiceliuliozė sudaro cukrūs – gliukozė, ksilozė, manozė, galaktozė bei arabinozė – ir gliukurono rūgštis /Saha, 2003/. Jungčių tipai taip pat yra skirtingi: monomerai pagrindinėje grandinėje sujungti β -1,4 ir

β -1,3, o šoninėje – α -1,2, α -1,3 arba α -1,6 glikozidinėmis jungtimis /Iiyama et al., 1994; Nishitani, 1997/. Nors hemiceliuliozės molekulės nėra taip glaudžiai susijusios kaip celiuliozės ir dėl to yra lengviau bei greičiau pasiekiamos ją skaidančių fermentų, dėl heterogeninės struktūros jos hidrolizei reikia daug sudėtingesnės fermentų ir juos produkuojančių mikroorganizmų populiacijos nei suskaidyti celiuliozei /Saha, 2003/. Be to, biomasės įsisavinimas ir suardymas anaerobiniais mikrobais yra susijęs su fermentuojamos medžiagos lignifikacijos laipsniu /Hashimoto, 1981; Mata-Alvarez et al., 2000/, todėl ligninas, būdamas sudėtingas fenolinių junginių polimeras, yra anaerobinių mikrobu neįsisavinamas ląstelienos komponentas. Lignino kiekio didėjimas biomasėje mažina kitų lignoceliuliozės (ląstelienos) komponentų – celiuliozės bei hemiceliuliozės – įsisavinimą /Casler et al., 2008/. Esant dideliame lignino kiekiui, polisacharidai yra stipriai susipynę su lignino matrica ir dėl to sunkiai pasiekiami hidrolizinių fermentų /Saulnier, Thibault, 1999, Saha, 2003/. Dėl to ligninas yra vienas labiausiai gerą biodujų išėigą ribojančių veiksnių /Clarkson, Xiao, 2000/. Produktyvios veislės, selekcinės linijos bei ekotipai skyrėsi ląstelių sienelių struktūra – celiuliozės bei hemiceliuliozės kiekiu – ir šių polisacharidų santykiu NDF ląstelienoje (4 pav.).



4 paveikslas. Produktyviausių veislių ir laukinių ekotipų NDF sudėtis augalų plaukėjimo pradžios tarpsniu

Figure 4. NDF of most productive accessions at phase of the beginning of the inflorescence emergence

Veislės 'Dainava' biomasės ląstelienoje nustatytas mažiausias celiuliozės santykinis kiekis – 206 g kg⁻¹ SM, arba 38,2 % NDF, o hemiceliuliozės buvo 304 g kg⁻¹ SM, arba 56,2 % NDF. Veislės 'Aukštuolė' biomasės ląstelienoje celiuliozės rasta daugiau nei hemiceliuliozės – atitinkamai 49,6 ir 43,2 % NDF. L. W. Smithas ir kt. (1971) nustatė, kad neįsisavinamoje varpinių žolių frakcijoje lignino ir celiuliozės santykis yra 0,94 (t. y. ligninas sudaro apie 50 % nesuvirškintos ląstelienos ADF). Taigi augalai, turintys vienodą ląstelienos ADF koncentraciją, bet nevienodą lignino ir celiuliozės santykį, yra

skirtingos energinės vertės. Vadinasi, biodujų gamybai tinkamiausi mažiausią lignino kiekį turintys genotipai. Tarp produktyviausių genotipų mažiausiu lignino kiekiu išsiskyrė veislės 'Regenta', 'Dainava' bei 'Aukštuolė' ir laukinis ekotipas 3283 bei selekcinis numeris 2959, atitinkamai 24,5, 30,0 bei 35,1 ir 28,5 bei 34,9 g kg⁻¹ SM.

Išvados

1. Didžiausią metinį biomasės kiekį formavo lietuviškos veislės 'Aukštuolė', 'Vėlinta', 'Regenta' bei 'Dainava' ir selekcinis numeris 2959. Šių genotipų vieno augalo vidutinis metinis žolės derlius buvo atitinkamai 522, 515, 513 bei 508 ir 488 g. Iš laukinių ekotipų derlingiausi buvo 3276 (Lietuva) ir 3300 (Ukraina). Šių laukinių ekotipų vieno augalo metinis žolės derlius buvo atitinkamai 520 ir 499 g.

2. Neutraliame tirpale išplautos ląstelienos (NDF) sausosiose medžiagose mažiausiai turėjo laukinis ekotipas 3252 (436 g kg⁻¹ SM) ir veislė 'Regenta' (45,6 g kg⁻¹ SM).

3. Mažiausią kiekį lignino procentais sausosiose medžiagose sukauptė veislės 'Regenta', 'Dainava' bei 'Aukštuolė', laukiniai ekotipai 3301 bei 3283 ir selekcinis numeris 2959 (atitinkamai 24,5, 30,0 bei 35,1, 28,0 bei 28,5 ir 34,9 g kg⁻¹ SM).

4. Didžiausia C:N santykine verte išsiskyrė veislės 'Regenta', 'Vėlinta', 'Dainava' bei 'Aukštuolė' ir laukinis ekotipas 3276 (atitinkamai 32,2, 30,2, 27,2 bei 26,2 ir 23,8).

5. Biodujų gamybai pagal agrobiologinių požymių kompleksą ir biomasės cheminę sudėtį labiausiai tinkamos yra lietuviškos veislės 'Aukštuolė' bei 'Regenta'.

Padėka

Tyrimą parėmė Valstybinis mokslo ir studijų fondas pagal Pramoninės biotechnologijos plėtros 2007–2010 m. programos projektą „Augalinės biomasės energinės vertės didinimas biotechnologiniais metodais“.

Gauta 2009 07 17

Pasirašyta spaudai 2009 07 30

LITERATŪRA

1. Butkutė B., Mašauskienė A., Paplauskienė V. Duomenų bazės sudarymas ir lygčių sukūrimas varpinių žolių kokybės analizei spektrometru NIRS-6500 // Žemdirbystė-Agriculture. – 2003, t. 82, Nr. 2, p. 157–168

2. Casler M. D., Jung H. G., Coblenz W. K. Clonal selection for lignin and etherified ferulates in three perennial grasses // Crop Science. – 2008, vol. 48, No. 2, p. 424–433

3. Clarkson W. W., Xiao X. Bench-scale anaerobic bioconversion of newsprint and office paper // Water Science and Technology. – 2000, vol. 41, No. 3, p. 93–100

4. Cotana F., Giraldi D. Renewable energy for agricultural companies: a biogas micro-chp project. Internet: <www.crbnet.it/File/Pubblicazioni/pdf/1261.pdf> [žiūrėta 2007 11 12]

5. El Bassam N. Energy plant species: their use and impact on environment. – London, 1998. – 321 p.

6. Faithfull N. T. Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook. – Wallingford, USA, 2002. – 266 p.

7. Hasimoto A. G. Methane production and effluent quality from fermentation of beef cattle manure and molasses // Agricultural Wastes. – 1981, vol. 11, p. 481–492

8. Hindrichsen K., Kreuzer M., Madsen J., Bach Knudsen K. E. Fiber and lignin analysis in concentrate, forage, and feces: detergent versus enzymatic-chemical method // *Journal of Dairy Science*. – 2006, vol. 89, p. 2168–2176
9. Holliday L., Chesshire M., Mulliner R. Rye grass as an energy crop using biogas technology. Main report. Internet: <<http://www.berr.gov.uk/files/file18131.pdf>> [žiūrėta 2008 11 27]
10. Iiyama K., Lam T. B. T., Stone B. A. Covalent cross-links in the cell wall // *Plant Physiology*. – 1994, vol. 104, p. 315–320
11. Juanga J. P. Optimizing dry anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste: a thesis for the degree of Master of Engineering / Asian Institute of Technology. – Thailand, 2005, p. 18–23
12. Komatsu T., Kudo K., Inoue Y., Himeno S. Anaerobic codigestion of sewage sludge and rice straw. Internet: <www.bvsde.ops-oms.org> [žiūrėta 2008 11 26]
13. Lay J. J., Li Y. Y., Noike T. The influence of pH and ammonia concentration on the methane production in high-solids digestion processes // *Water Environment Research*. – 1998, vol. 70, No. 5, p. 1075–1082
14. Li R., Volenec J. J., Joern B. C., Cunningham S. M. Seasonal changes in nonstructural carbohydrates, protein, and macronutrients in roots of alfalfa, red clover, sweetclover, and birdsfoot trefoil // *Crop Science*. – 1996, vol. 36, p. 617–623
15. Mata-Alvarez J., Mace S., Llabres P. Anaerobic digestion of organic solid wastes: an overview of research achievements and perspectives // *Bioresource Technology*. – 2000, vol. 74, p. 3–16
16. Morris D. L. Quantitative determination of carbohydrates with Dreywood's anthrone reagent // *Science*. – 1948, vol. 107, p. 254–255
17. Nishitani K. The role of endoxyloglucan transferase in the organization of plant cell walls // *International Review of Cytology*. – 1997, vol. 173, p. 157–206
18. Osman G. A., El Tinay A. H., Mohamed E. F. Biogas production from agricultural wastes // *Journal of Food Technology*. – 2006, vol. 4, No. 1, p. 37–39
19. Rinne M., Jaakkola S., Huhtanen P. Grass maturity effects on cattle fed silage-based diets. 1. Organic matter digestion, rumen fermentation and nitrogen utilization // *Animal Feed Science and Technology*. – 1997, vol. 67, p. 1–17
20. Saha B. C. Hemicellulose bioconversion // *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. – 2003, vol. 30, p. 279–291
21. Saulnier L., Thibault J. F. Ferulic acid and diferulic acids as components of sugar-beet pectins and maize bran heteroxylans // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 1999, vol. 79, p. 396–402
22. Smith L. W., Goering H. K., Waldo D. R., Gordon C. H. *In vitro* digestion rate of forage cell wall components // *Journal of Dairy Science*. – 1971, vol. 54, p. 71
23. Tyler B. Collection, characterization and utilization of genetic resources of temperate forage grass and clover // International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). – Rome, 1987, p. 1–65
24. Weiland P. Production and energetic use of biogas from energy crops and wastes in Germany // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. – 2003, vol. 109, p. 263–274

Varieties, breeding lines and ecotypes of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) that are the most suitable for biogas production

N. Lemežienė, J. Kanapeckas, B. Butkutė

Lithuanian Institute of Agriculture

Summary

Experiments were conducted at the Lithuanian Institute of Agriculture during 2007–2008 in the experimental fields of the Grass Breeding Department and Laboratory of Chemical Research. The genetic collection of cocksfoot composed of 9 varieties, 7 breeding lines, and 38 wild ecotypes was studied for a complex of agrobiological traits and characteristics and biomass chemical composition. The tested genetic material differed in annual plant biomass yield (522–362 g), plant height (125–143 cm), date of the beginning of the inflorescence emergence (May 10–22), early spring growth (4–9 points), abundance of stems and inflorescences (5–9 points) and other agrobiological traits. The genetic resources also differed in biomass quality: crude protein ranged from 92 to 153 g kg⁻¹ DM, water-soluble carbohydrates – from 165 to 266 g kg⁻¹ DM, lignin – from 24.5 to 76.5 g kg⁻¹ DM, C/N – from 17.2 to 32.2.

Of the 54 cocksfoot varieties, breeding lines and ecotypes tested, the Lithuanian varieties 'Aukštuolė' and 'Regenta' would suit best for biogas production in terms of the complex of their agrobiological traits and biomass chemical composition. These varieties produce a high annual yield per plant (522 and 513 g, respectively) and have a low percentage of lignin (35.1 and 24.5 g kg⁻¹ DM) and fibre (485 and 456 g kg⁻¹ DM). They were distinguished by optimal or close to optimal C/N ratio value 26.2 and 32.2, respectively.

Key words: *Dactylis glomerata* L., agrobiological traits, biogas, biomass, quality parameters, lignin.