

## 3-(3-Benzoksazonil)- ir 3-(6-nitro-3-benzoksazonil)propano rūgščių natrio druskų poveikio paprastosios šunažolės (*Dactylis glomerata* L.) augimui ir biomasės energetiniams rodikliams tyrimas

I. Ramanuskaitė, I. Jonuškienė, R. Vaickelionienė, V. Mickevičius

Kauno technologijos universitetas,  
Radvilėnų pl. 19, LT-50270 Kaunas, Lietuva  
El. paštas vytautas.mickevicius@ktu.lt

**crossref** <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ct.65.1.8882>

Gauta 2014 m. lapkričio 22 d.; priimta spaudai 2014 m. gruodžio 18 d.

Šiame darbe ištirtas augimo reguliatorių 3-(3-benzoksazonil)propano ir 3-(6-nitro-3-benzoksazonil)propano rūgščių natrio druskų poveikis paprastosios šunažolės augimui ir biomasės formavimuisi, anglies, vandenilio, azoto, sieros ir deguonies kiekiui, energetinių augalų šilumingumui ir peleningumui. Nustatyta, kad 3-(3-benzoksazonil)propano rūgšties natrio druska skatina paprastosios šunažolės augimą, minėto junginio poveikyje biomasės kiekis išauga 10 %, taip pat padidėja jos šilumingumas.

**Raktažodžiai:** biokuras, biomasė, augimo reguliatoriai, fitohormonai, šilumingumas, peleningumas.

### Įvadas

Didėjant energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių poreikiui, ieškoma alternatyvių energijos šaltinių, kurie prisidėtų prie tvaraus žaliavų naudojimo, užtikrintų teigiamą energetinį potencialą ir skatintų spręsti socialines ir ekonomines problemas pasaulyje. Didėjančios kuro kainos, nuolat senkantys mineralinių energijos šaltinių išteklių ir aplinkos tarša – vieni iš svarbiausių veiksnių, lemiančių biokuro panaudojimo plėtrą. Vienas iš perspektyviausių atsinaujinančios energijos šaltinių yra biomasė. Atsižvelgiant į pasaulinę maisto trūkumo problemą, bioenergijos gamybai tikslingiau naudoti ne maisto paskirties, o žolinius žemės ūkio augalus [1].

Pagrindiniai energijos šaltiniai šiuo metu yra nafta, gamtinės dujos ir anglis, tačiau jie sparčiai senka, o iš jų pagaminta energija nuolat brangsta. Deginant iškastinį kurą sparčiai didėja šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracija. Visa tai skatina šį kurą keisti alternatyviu – biokuru. Tam tikslui labiausiai tiktų energetinių augalų biomasė [2, 3]. Atliekama daug tyrimų, kuriais siekiama kuo labiau padidinti biomasės, tinkamos biokuro žaliavų bazei kurti, gavybą.

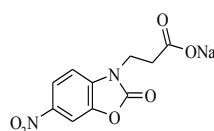
Žolinių augalų biomasės susidarymui skatinti naudojami sintetiniai augimo reguliatoriai, kurių taikymo galimybės plačiai tiriamos visame pasaulyje, taip pat Lietuvoje. Net ir labai mažos šių junginių koncentracijos padidina augalo produktyvumą, atsparumą nepalankioms augimui sąlygoms, pagerina derliaus kokybę. Sintetiniai augimo reguliatoriai stimuliuoja natūralių fitohormonų veiklą augale ir keičia jame vykstančių fiziologinių procesų intensyvumą [4].

Šio darbo tikslas – ištirti augimo reguliatorių 3-(3-benzoksazonil)propano rūgšties ir jos nitrinto darinio

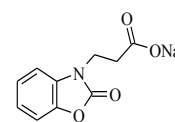
natrio druskų įtaką paprastosios šunažolės (*Dactylis glomerata* L.) fotocheminiui aktyvumui ir biomasės formavimuisi, nustatyti šiluminius-energetinius šių augalų parametrus.

### Medžiagos ir tyrimų metodikos

Tyrimams pasirinkti Organinės chemijos katedroje susintetinti augimo reguliatoriai – 3-(3-benzoksazonil)propano rūgšties natrio druska ir 3-(6-nitro-3-benzoksazonil)propano rūgšties natrio druska (1 pav.).



3-(6-Nitro-3-benzoksazonil)propano rūgšties natrio druska (1 junginys)



3-(3-Benzoksazonil)propano rūgšties natrio druska (2 junginys)

#### 1 pav. Tyrimams naudoti junginiai

Tiriamoji medžiaga – paprastoji šunažolė. Tyrimai atlikti 2013 m. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslo centro Žemdirbystės instituto Augalų mitybos ir agroekologijos skyriaus laboratorijoje bei Kėdainių rajono laukuose – buvo įvertintas tiriamųjų junginių skirtingų koncentracijų tirpalų poveikis augalų fotocheminiam aktyvumui ir biometriniams parametrams.

Lauko sąlygomis auginamas paprastosios šunažolės trijų metų senumo pasėlis. Bandymo lauke vyrauja velėninis glėjiškas pajaurėjęs dirvožemis, pagal naująją FAO klasifikaciją giliai karbonatingas, sekiau glėjiškas rudžemis. Ariamo dirvos sluoksnio granulimetrinėje sudėtyje vyrauja lengvas priemolis, giliau ši sudėtis kinta

nuo priesmėlio iki lengvo priemolio, ariamo sluoksnio reakcija yra silpnai šarminė ( $pH\ 7,4-7,6$ ), judriojo fosforo ir kalio jame yra atitinkamai 152–1654 mg/kg ir 127–102 mg/kg, bendrojo azoto – 0,16 %, humuso – 2,0 %.

Paprastoji šunažolė susintetintų junginių tirpalais buvo purškama rankiniu purkštuvu, augalams atžėlus iki 39 cm aukščio po pirmos pjūties, esant 25 °C oro temperatūrai ir 3,8 m/s vėjo greičiui. Vieno augalo vidutinis lapo paviršiaus plotas – apytiksliai 38 cm<sup>2</sup>. Prieš purškimą 2 savaites nelijo, oras buvo sausringas, o po purškimo praėjus 4 dienoms iškritė kritulių. Purškšti sunaudota 30 ml/m<sup>2</sup> augimo stimuliatorių tirpalų. Po purškimo praėjus 20 dienų šunažolė patręšta foniniu tręšimu NPK 20-10-10 trąšomis, kurių norma pagal veikliąsias medžiagas hektarui yra tokia: N120, P60 ir K60. Fizikinis trąšų svoris – 600 kg/ha.

Siekiant įvertinti tiriamųjų augimo reguliatorių poveikį energetinių augalų morfofiziologiniams parametrams ir fotosintezės rodikliams, augalai buvo purškiami šių koncentracijų tiriamųjų junginių vandeniniais tirpalais:

- 3-(6-nitro-3-benzoksazonil)propano rūgšties natrio druska (1 junginys): 25 mg/l, 50 mg/l, 75 mg/l;
- 3-(3-benzoksazonil)propano rūgšties natrio druska (2 junginys): 25 mg/l, 50 mg/l, 75 mg/l.

Kontroliniame bandyme augalai nebuvo purškiami.

Sausosioms medžiagoms įvertinti nupjauta po 1 m<sup>2</sup> žolės, nupurkštos ir nenupurkštos tiriamųjų junginių tirpalais, ir augalų mėginiai 105 °C temperatūroje džiovinti iki pastovaus svorio (apie 12 val.). Visiškai išdžiovinti augalai pasverti ir apskaičiuotas sausųjų medžiagų kiekis [5].

Paruoštos augalų biomasės šiluminiai – energetiniai parametrai nustatyti Lietuvos energetikos instituto Šiluminių įrengimų tyrimų ir bandymų laboratorijoje. Visi pagrindiniai biokuro parametrai įvertinti vadovaujantis Lietuvos energetikos instituto Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijos pagal LST EN standartus parengtomis metodikomis. Mėginiai šiems parametrams nustatyti paruošti taip: prieš džiovinimą

šviežios žolės mėginiai kapokle susmulkinti 3–5 cm ilgio gabalėliais, fiksuoti 105 °C temperatūroje 15 min, išdžiovinti 65 ± 5 °C temperatūroje ir sumalti.

Biokuro visuminis anglies, vandenilio, azoto, sieros ir deguonies kiekis nustatytas pagal LST EN 15104:2011 [6] ir LST EN 15148:2010 [7] standartuose aprašytus metodus automatizuotu elementų analizatoriumi *Flash* 2000. Nustatant anglies, vandenilio, azoto ir sieros kiekius, biokuro mėginys sudeginamas, o deguonies kiekį – išskaidomas pirolizės būdu 1800 °C temperatūroje.

Biokuro šilumingumo bandymas atliktas LST EN 14918:2010 standarte [8] aprašytu metodu.

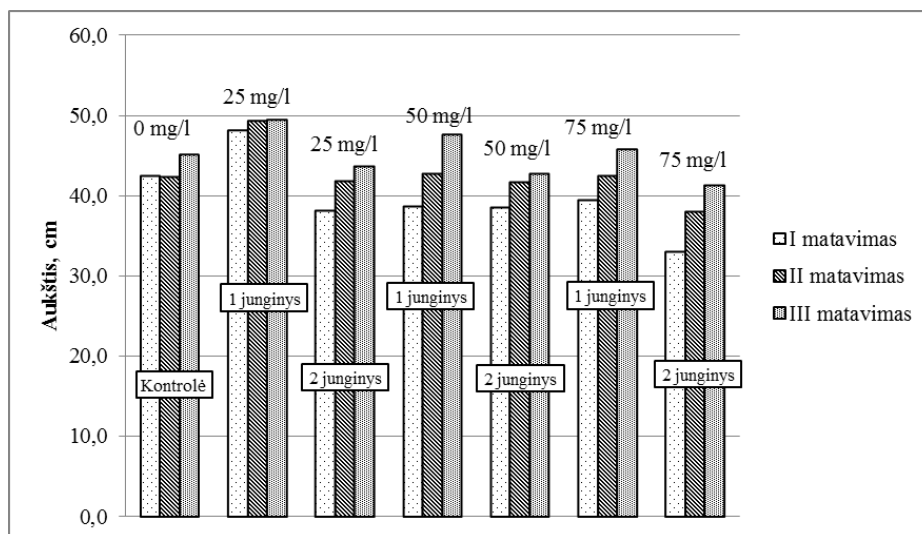
Bendrojo chloro kiekis nustatomas biokurą deginant specialiose degimo bombose, pripildytose deguonies, ir absorbuojant degimo produktus joje esančiu absorbcijos tirpalu. Eksperimentui biokuro mėginiai naudojami tablečių pavidalu (jas spaudžiant iš 1 g susmulkinto biokuro), kad būtų didesnis mėginio tankis. Chloro kiekis gautuose tirpaluose nustatomas jonų chromatografu, vadovaujantis LST EN 15289:2011 standartu „Kietasis biokuras. Visuminio sieros ir chloro kiekio nustatymas“ [9]. Siekiant įvertinti laboratorinės įrangos užterštumą ir atlikimo sąlygas, atliekamas ir tuščias bandymas.

Biokuro peleningumo bandymas atliktas LST EN 14775:2010 [10] standarte aprašytu metodu, biomasės pelenų lydumo tyrimai – pagal LST CEN/TS 15370-1:2007 [11] nurodytą metodiką.

## Rezultatai ir jų aptarimas

### *Augimo reguliatorių įtakos paprastosios šunažolės, augintos lauko sąlygomis, aukščiui įvertinimas*

Paprastosios šunažolės pradinis daigų aukštis, t. y. prieš augimo reguliatorių panaudojimą (I matavimas) buvo 33–48 cm (2 pav.). Siekiant įvertinti tiriamųjų junginių poveikį augalų aukščiui, matavimai atlikti po purškimo praėjus vienai (II matavimas) ir dviem savaitėms (III matavimas).



2 pav. Šunažolės aukščio tyrimo lauko bandyme rezultatai

Iš diagramos matyti (2 pav.), kad po purškimo praėjus 14 dienų žymiausias augalo aukščio padidėjimas buvo **1** junginio 50 mg/l koncentracijos vandeninio tirpalo poveikyje ir siekė 9,49 cm. Palyginus šiuos duomenis su kontrolinio varianto augalų aukščio padidėjimu (2,77 cm), matyti, kad dėl šios koncentracijos

tirpalo poveikio augalų aukščio pokytis buvo 3,42 karto didesnis, nei kontroliniame variante.

### *Augimo reguliatorių poveikio paprastosios šunažolės sausųjų medžiagų kiekiui įvertinimas*

Tyrimų duomenys pateikti 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Paprastosios šunažolės sausųjų medžiagų kiekio įvertinimas

Paprastoji šunažolė							
Rodikliai	Kontrolinis bandymas	1 junginio tirpalų konc., mg/l			2 junginio tirpalų konc., mg/l		
		25	50	75	25	50	75
Sausųjų medžiagų kiekis, %	23,43	24,36±0,02	23,15±0,01	22,73±0,01	21,42±0,03	26,14±0,01	25,42±0,02
Drėgmės kiekis, %	76,57	75,64±0,01	76,85±0,03	77,27±0,02	78,58±0,02	73,86±0,01	74,58±0,03

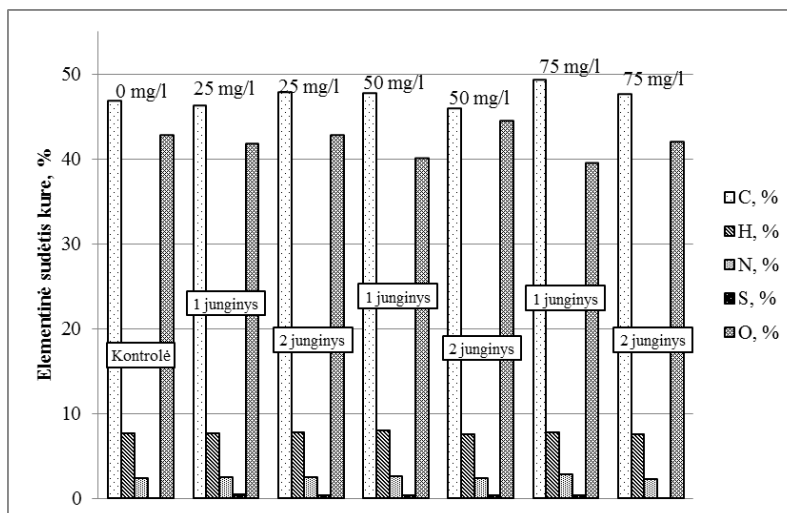
Iš 1 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad didžiausias paprastosios šunažolės sausųjų medžiagų kiekis susidarė dėl **2** junginio 50 mg/l ir 75 mg/l koncentracijos natrio druskos tirpalų poveikio ir buvo vidutiniškai 1,10 karto didesnis, nei kontroliniame bandyme augintuose augaluose.

### *Anglies, vandenilio, azoto, sieros ir deguonies kiekių nustatymas*

Kuo biokuro sudėtyje yra daugiau anglies, tuo aukštesnė jo degimo šiluma. Jo savybes itin pagerina

vandenilis, kuris degdamas išskiria keturis kartus daugiau šilumos nei anglis.

Pagal literatūroje pateiktus duomenis [12] neapdorotos žolės (šieno) degiojoje masėje anglies yra 49 %, deguonies – apie 43 %, vandenilio – 6,3 %, azoto – 1,4 %, sieros – 0,2 %. Palyginimui – neapdorotos spygliuočių, lapuočių medienos, kviečių, rugių, miežių, rapsų šiaudų biomasėje esančių pagrindinių elementų kiekiai yra šie: C – 49–51 %, O – 42–44 %, H – 6,2–6,3 %, N – 0,1–0,8 %, S – 0,02–0,3 %.



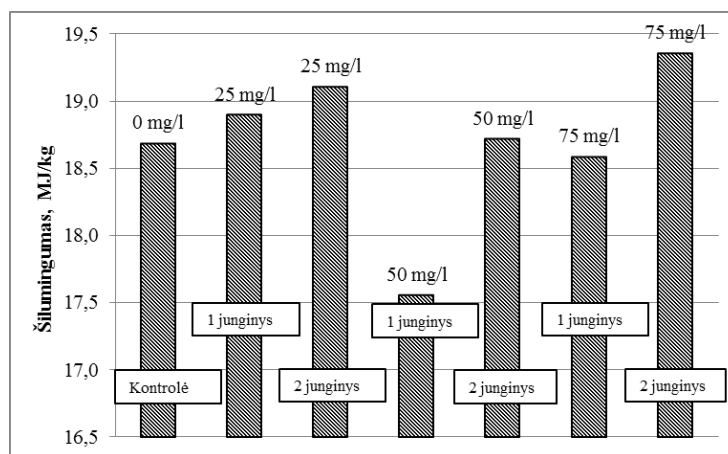
**3 pav.** C, H, N, S, O kiekiai paprastojoje šunažolėje

Paprastojoje šunažolėje, augintoje nenaudojant sintetinių augimo reguliatorių, anglis sudarė 46,80 % degiosios masės, deguonis – 42,80 %, vandenilis – 7,70 %, azotas – 2,04 %, sierra – 0,32 %. Daugiausia anglies (49,30 %) turėjo paprastoji šunažolė, purkšta **1** junginio 75 mg/l koncentracijos vandeniniu tirpalu, didžiausias vandenilio kiekis (7,99 %) buvo **1** junginio 50 mg/l koncentracijos tirpalu purkštuose augaluose. Deguonies kiekiui (44,40 %) augaluose daugiausia įtakos turėjo **2** junginio 50 mg/l koncentracijos vandeninis tirpalas. Mažiausiai azoto (2,24 %) ir sieros (0,31 %) turėjo paprastoji šunažolė, purkšta **2** junginio 75 mg/l koncentracijos vandeniniu tirpalu (3 pav.).

turėjo paprastoji šunažolė, purkšta **2** junginio 75 mg/l koncentracijos vandeniniu tirpalu (3 pav.).

### *Šilumingumo nustatymas*

Remiantis literatūroje [13] pateiktais duomenimis, skirtingų grūdinių kultūrų šiaudų šilumingumas siekia 16,7–17,8 MJ/kg, neapdorotos spygliuočių ir lapuočių medienos – 18,5–22,5 MJ/kg. Tirtosios paprastosios šunažolės, augintos be augimo reguliatorių, sausos žaliavos viršutinis šilumingumas yra 18,7 MJ/kg.



4 pav. Paprastosios šunažolės sauso kuro viršutinis šiluminumas

Apibendrinus tyrimo duomenis (4 pav.), galima teigti, kad naudoti junginiai turėjo labai mažai įtakos šiam šiluminiam parametru: dėl 2 junginio 75 mg/l koncentracijos tirpalo poveikio jis buvo didžiausias – 19,4 MJ/kg, t. y. tik 1,04 karto didesnis, negu kontroliniame bandyme augintų augalų.

#### Bendrojo chloro kiekio nustatymas

Įvairių biokuro rūšių degiojoje masėje esantis chloras sudaro apie 0,01–0,02 %. Šiaudų šis rodiklis yra didesnis ir siekia apie 0,04–0,1 %, o neapdorotos žolės (šieno) – net 0,6–0,8 % [12].

2 lentelė. Chloro kiekis ir peleningumas, %, paprastojoje šunažolėje

Junginio tirpalo koncentracija, mg/l	Junginys		Chloro kiekis, %	Peleningumas, %
	Kontrolinis bandymas			
25	1		0,85	11,20
	2		1,09	10,62
50	1		0,78	10,01
	2		0,88	9,71
75	1		0,76	10,78
	2		0,77	9,63
			0,48	11,28

Chloro kiekis tirtajame energetiniame augale gana didelis – 0,85 %. Labiausiai jį 1,77 karto sumažino 2 junginio 75 mg/l koncentracijos vandeninis tirpalas (2 lent.).

#### Peleningumo nustatymas

Pelenų kiekis priklauso nuo kuro cheminės sudėties ir įvairių priemaišų, patenkančių ruošiant, laikant ir naudojant kurą [14]. Remiantis literatūros [14] duomenimis, medienos peleningumas siekia 0,4 %, šiaudų – 4,5 %, durpių – 4,0 %, daugiamečių žolių – 6,4–9,1 %. Apibendrinus tyrimų duomenis (2 lent.), matyti, kad paprastosios šunažolės peleningumą labiausiai sumažino 1 junginio 75 mg/l koncentracijos tirpalas.

Tirtosios augalų rūšies pelenų kiekis buvo atitinkamai 1,16 karto mažesnis nei kontroliniame variante.

#### Pelenų lydumo nustatymas

Pelenų lydumas priklauso nuo jų mineralinės sudėties, netgi nedideli sudėties skirtumai gali smarkiai pakeisti lydumo charakteristikas. Pagal kuro ir pelenų sudėtį praktiškai negalima patikimai numatyti pelenų lydumo.

Lyginant paprastosios šunažolės pelenų lydumo charakteristikas (3 lent.) su medžio pelenų lydumo parametrais (ST – 1180–1525 °C, DT – 1150–1490 °C, HT – 1230–1650 °C, FT – 1250–1650 °C), matyti, kad paprastosios šunažolės pelenų lydymosi temperatūra yra mažesnė.

3 lentelė. Paprastosios šunažolės pelenų lydumo charakteristikos

Biokuras	Lydymosi charakteristikų reikšmės, °C			
	Susitraukimo temperatūra (ST)	Deformacijos temperatūra (DT)	Pusrutulio susidarymo taškas (HT)	Išsiliejimo temperatūra (FT)
Paprastoji šunažolė	1064,7	1128,3	1186,7	1206,0

Esant žemai lydymosi temperatūrai, ant ardyno pradeda kauptis šlakai ir tai sukelia rimtų problemų. Todėl būtina griežtai kontroliuoti deginimo režimą.

## Išvados

Apibendrinus tyrimo rezultatus, nustatyta, kad 3-(3-benzoksazolonyl)propano rūgšties natrio druskos skatina paprastosios šunažolės augalų augimą, spartina fotosintezės procesą. Dėl šių druskų tirpalų poveikio biomasės gaunama vidutiniškai iki 10 % daugiau, padidėja ir paprastosios šunažolės biomasės šilumingumas. Jis yra pakankamai didelis ir prilygsta beržo medienos degimo šilumai. Tuo tarpu 3-(6-nitro-3-benzoksazolonyl)propano rūgšties natrio druska minėtiems rodikliams esminės įtakos neturi, tačiau teigiamai veikia anglies ir vandenilio kiekių, lemiančių aukštesnę degimo šilumą, padidėjimą, taip pat sumažina augalų peleningumą.

## Literatūra

1. Scholz V., Krüger K., Höhn A. Environmentally compatible and energy – efficient production of energy plants // Agratechnische Forschung. 2001. Vol. 7. N 4. P. 63–71.
2. Szyslak-Barglowicz J., Zajac G., Piekarski W. Energy biomass characteristics of chosen plants // Int. Agrophys. 2012. Vol. 26. P. 175-179. <http://dx.doi.org/10.2478/v10247-012-0025-7>.
3. Karčauskienė D., Šiaudinis G., Skuodienė R., Repčienė R. Biomasės potencialas alternatyviam kurui vakarų Lietuvoje. 2012. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Vėžaičių filialas. [http://www.lei.lt/\\_img/\\_up/File/atvir/bioenerlt/index\\_files/PRANESIMAS\\_KAUNAS\\_2012.pdf](http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/bioenerlt/index_files/PRANESIMAS_KAUNAS_2012.pdf).
4. Jakienė E., Mickevičius V., Beresnevičius Z. Augimo regulatorių – stilitų fiziologinio aktyvumo bei poveikio cukrinių runkelių produktyvumui tyrimai // Žemdirbystė. Mokslo darbai. 2001. N 75. P. 65–71.
5. Lietuvos standartas LST EN 14774-3:2010 „Kietasis biokuras. Drėgmės kiekio nustatymas. Džiovinimo krosnyje metodas. 3 dalis. Bendrosios analizės mėginio drėgmė“.
6. Lietuvos standartas LST EN 15104:2011 „Kietasis biokuras. Visuminio anglies, vandenilio ir azoto kiekio nustatymas. Instrumentiniai metodai“.
7. Lietuvos standartas LST EN 15148:2010 „Kietasis biokuras. Lakiųjų medžiagų kiekio nustatymas“.
8. Lietuvos standartas LST EN 14918:2010 „Kietasis biokuras. Šilumingumo nustatymas“.
9. Lietuvos standartas LST EN 15289:2011 „Kietasis biokuras. Visuminio sieros ir chloro kiekio nustatymas“.
10. Lietuvos standartas LST EN 14775:2010 „Kietasis biokuras. Peleningumo nustatymas“.
11. Lietuvos standartas LST CEN/TS 15370-1:2007 „Kietasis biokuras. Pelenų lydymo nustatymo metodas. 1 dalis. Būdingųjų temperatūrų metodas“.
12. Miškinis V. Kietojo biokuro apskaitos energijos gamybos šaltiniuose taisyklės. Galutinė ataskaita. LEI. 2011. P. 14–17.
13. Vares V., Kast U., Muiste P., Pihu T., Soosaar S. Biokuro naudotojo žinynas. Vilnius, Žara. 2007. 168 p.
14. Pilipavičius V., Navickas K. Atsinaujinantys agrariniai ištekliai ir atliekų perdirbimas. Akademija, IDP solutions, 2008. 141 p.

I. Ramanauskaitė, I. Jonuškienė, R. Vaickelionienė, V. Mickevičius

THE INFLUENCE OF SODIUM SALTS OF 3-(3-BENZOXAZOLONYL)- AND 3-(6-NITRO-3-BENZOXAZOLONYL)PROPANOIC ACIDS ON THE GROWTH AND BIOMASS ENERGY PARAMETERS OF DACTYLIS GRASS (*DACTYLIS GLOMERATA* L.)

## Summary

On analyzing the study results, it was found that sodium salts of 3-(3-benzoxazolonyl)propanoic acid stimulate dactylis grass (*Dactylis glomerata* L.) growth, accelerate photosynthesis. The biomass and calorific capacity of dactylis grass have increased when solutions of this salt had been used. The investigation revealed that the amount of dry material of dactylis grass was biggest when seeds had been treated with this salt solutions (concentrations 50 mg/l and 75 mg/l). The amount of dry material increased by 10 % on average in comparison with the control sample. The calorific capacity of dactylis grass was high and equal to birch wood combustion heat. The other analyzed compound – sodium salt of 3-(6-nitro-3-benzoxazolonyl)propanoic acid – increased carbon and hydrogen content, which determines the higher combustion heat, reduced ash content of plants, and a decreased melting point of ash.