

ENERGETINIAI ŽOLYNAI IR JŲ AUGINIMO BEI RUOŠIMO KURUI SAŃAUDOS

ENERGETIC GRASSLAND AND THE INPUT OF GROWING THEM AND PREPARATION FOR FUEL

*Algirdas Jasinskas, **Aldona Kryževičienė

*LŽŪU Žemės ūkio inžinerijos institutas,
Raudondvaris, LT-54132 Kauno raj.
El. paštas: aljas@mei.lt

**Lietuvos žemdirbystės institutas,
Instituto al. 1, LT-58344, Akademija, Kėdainių r.
El paštas: akryzeviciene@lzi.lt

Gauta 2006-10-30, pateikta spaudai 2006-12-04

Lietuvos žemdirbystės institute nuo 1997 metų tiriama energetiniai žolynai, kurių biomasė naudojama bioenergeijai gaminti. Pateikta literatūrinė duomenų analizė įrodanti žolynų pranašumą prieš vienmečius augalus. Specialūs žolynai biokurui, esant palankioms agroklimatinėms sąlygoms, kasmet gali užauginti nuo 6 iki 15 t ha⁻¹ SM biomasės, kuri tinka naudoti kurui. Biomasės derliaus svyravimus apsprendžia meteorologinės sąlygos, ypač drėgmė ir žolyno sudėtis. Esant dideliu drėgmės stygiui, kaip 2002 ir 2003 metais, biomasės užauga žymiai mažiau, apie pusę minėto derliaus.

Pagrįstos žolynų auginimo, priežiūros ir biomasės doravimo technologijos, siūlomoms technologijoms parinkta technika. Technologijos įvertintos energetiniu požiūriu, atskirioms žolinių augalų auginimo ir nuėmimo technologinėms operacijoms apskaičiuotos energijos sąnaudos. Nustatyta, kad mažiausios yra varpinių ir ankštinių žolių mišinio auginimo ir derliaus nuėmimo energijos sąnaudos. Jos yra 1,5 karto mažesnės už grynų varpinių žolių, 1,7 karto mažesnės už topinambų stiebų ir 1,4 karto mažesnės už saulėgrąžų stiebų kurui paruošti reikalingas energijos sąnaudas.

Energetiniai žolynai, daugiametės žolės, biomasė, biokuras, technologijos, energetinis vertinimas.

Įvadas

Mūsų krašto gamtinės ir klimatinės sąlygos bei reljefas (ypač kalvuotoji dalis, užimanti 31,6 % žemės ūkio naudmenų) labiau tinka žolininkystei plėtoti

negu intensyviai žemdirbystei vystyti. Kalvotų ir mažiau derlingų šiuo metu nebenaudojamų dirvožemių įvairiais duomenimis priskaičiuojama per 0,5 mln. hektarų [1]. Daugiamečių žolynų bendrųjų dirvosauginė reikšmė yra gana sviri ir ilgamečių tyrimų patikrinta: žolynai stabilizuoja gamtinius ir antropogeninius procesus kalvose, reguliuoja aplinkinių teritorijų hidrologinį režimą, ir yra neginčijamai pranašesni už vienmečius augalus [2–4]. Varpinių–ankštinių žolių mišiniai gausina dirvožemį biologiniu azotu ir pagerina dirvos struktūrą, sudaro sąlygas mažesniai poreikiui cheminių trąšų. Žolynai sėkmingai gali būti naudojami apleistų žemių konservavimui [2].

Vertinant pastarųjų dešimtmečių gamtinės energijos koncentraciją, apskaičiuoti energetiniai ekvivalentai nebuvo pastovūs [1, 5, 6]. Pagal bendrą 1 ha energetinį derlių pirmavo augintos daugiamečių žolės ir kasmet vidutiniškai sudarė po 160 GJ ha⁻¹ cheminės energijos, tuo tarpu javai – 134, bulvės – 53, pašariniai šakniavaisiai – 137. O. Bundinienė, įvertinusi intensyvią ir tausojančią žemdirbystės sistemas energetiniu požiūriu, nustatė, kad energijos efektyvumas (t.y. santykis tarp derliuje sukauptos ir tam derliui sukurti sunaudotos energijos) organinėje – biologinėje daugiamečių žolynų auginimo sistemoje buvo 2,6 karto didesnis, negu lauko augalų toje pačioje auginimo sistemoje.

Žoliniai augalai energetiniams tikslams tiriami ir naudojami įvairiose pasaulio šalyse. Daugelyje Europos šalių populiariausi yra nendriniai dryžučiai (*Phalaris arundinacea*), sora (*Panicum virgatum*), drambliažolė (*Miscanthus spp.*) [7–10]. Pastarieji du žoliniai augalai plačiai auginami energetiniams tikslams tik šiltesnio klimato zonose. Nendriniai dryžučiai – tai aukštaūgė varpinė šakniastiebinė žolė, labiausiai mėgstanti drėgnesnius dirvožemius, tačiau gerai auganti ir normaliose bei sausesnėse žemėse. Palankiais metais jų biomasės sausųjų medžiagų derlius siekia virš 10 t ha⁻¹. Panašų derlių gali išauginti šakniastiebinės aukštaūgės beginklės dirsuolės bei nendriniai eraičiniai.

Tradicinių pašarui naudojamų žolinių augalų biomasės derliui nuimti ir kurui ruošti tinka tos pačios technologijos ir technika kaip ir pašarinėms žolėms bei šiaudams. Kurui, kaip ir pašarui ruošiamą žolę reikia nupjauti, išdžiovinti iki 17–20 % drėgnio, supresuoti į rulonus arba ryšulius ir laikyti dengtoje saugykloje [10, 11]. Tikslinga įvertinti šią technologiją, parinkti racionalią techniką, atlikti šios technologijos energetinį įvertinimą.

Tyrimų tikslas – nustatyti specialiai įrengtų skirtingos rūšinės sudėties žolynų biokurui biomasės derlių, jų drėgmės bei ląstelienos pokyčius vegetacijos metu ir pavasarį, patikrinti biomasės derliaus nuėmimo ir ruošimo kurui technologijas, įvertinti sunaudotos ir gautos energijos balansą.

Tyrimų sąlygos ir metodika

Žolynų derliaus vertinimas

Pirmieji žolynų biokurui bandymai Lietuvos žemdirbystės institute pradėti 1997–1999 m. Nuo 2000 metų tirti 8 skirtingos rūšinės sudėties žolynai pagal „Saulės programos“ planą [10]. Varpinių žolių rūšis parenkant ir gryniems žolynams ir mišiniams buvo orientuotasi į Europoje tiriamus žolinius augalus, iš kurių populiariausiais laikomi drambliažolė ir nendriniai dryžučiai. Turint praktinio patyrimo, kad drambliažolei mūsų klimatas yra per šaltas, tad be nendrinio dryžučio (*Phalaroides arundinacea* L.), dar pasirinktos tirti beginklės dirsuolės (*Bromopsis innermis* Leyss.) ir nendriniai eraičiniai (*Festuca arundinacea* Schreb.). Gryni varpiniai žolynai tręšti mineralinėmis azoto trąšomis (N_{120} per 2 kartus). Mišiniai su ankštinėmis žolėmis sudaryti specifiniai, pagal naudojimą kurui paskirtį ir tirti Lietuvoje pirmą kartą. Parinktos ankštinės žolės taip pat aukštaūgės, medingos bei duodančios daug biomasės – tai rytiniai ožiarūčiai (*Galega orientalis* Lam.), geltonžiedžiai barkūnai (*Melilotus officinalis* Lam.) ir daugiamečiai lubinai (*Lupinus polyphyllus* Lindl.).

Bandymai biomasei įvertinti vykdyti 4 pakartojimais lengvo priemolio su smėlio priemaiša dirvožemyje, kuriame humuso buvo tik 1,5–1,7 %, P_2O_5 – 0,12 %, K_2O – 0,95 %. Priešsėlis – burnočiai. Laukeliai – 10 m², fitomasė pjauta varikline šienapjove MF-70. Pjūties dieną išmatuotas žolynų aukštis, nupjauta biomasė tuoj pat pasverta ir paimti apie 1 kg dydžio mėginiai. Derliaus ir jį apibūdinančių rodiklių duomenys apdoroti dispersinės analizės metodu, taikant statistinę duomenų apdorojimo programą ANOVA [10].

Žolynų pjautų minėtai skirtingais terminais, biomasės derlius, jo nuostoliai pavasarį ir tinkamumas kurui yra išanalizuotas [10]. Gauti duomenys rodo, kad daugiausiai biomasės sausųjų medžiagų gauta nupjovus žolynus liepą-rugpjūtį. Žolynų biomasės derlius, nepriklausomai nuo rūšinės sudėties, lėmė žolyno energetinį potencialą. Tad šiame straipsnyje bus analizuojami biomasės, gautos nupjovus žolynus liepos mėnesį, rodikliai.

Technologijų energetinio vertinimo metodika.

2003 metais LŽŪU Žemės ūkio inžinerijos instituto ir Lietuvos žemdirbystės instituto bandymų bazėje tirti energetiniai augalai – tradiciniai pašarui naudojami žoliniai augalai (varpinių ir ankštinių žolių mišinys ir grynos varpinės žolės) ir palyginimui – stambių stiebų žoliniai augalai (topinambai ir saulėgrąžos). Įvertintos augalinės biomasės nuėmimo bei jos paruošimo kurui technologijos, atskiroms technologinėms operacijoms parinkta optimali technika. Žolynų biomasės paruošimo ir dorojimo technologiniai procesai (pjovimas, vartymas, grėbimas ir presavimas) tirti ilgose, 50 m ilgio juostose.

Atliekant technologijų energetinį vertinimą buvo apskaičiuojamos energijos sąnaudos ploto vienetui – hektarui. Dorojant žolinius augalus pašarui ar kurui siūlomas supaprastintas gamybos technologijų energetinis vertinimas [11].

Skaičiuojant energijos sąnaudas šiuo metodu, neįvertinamos žmogaus darbo energetinės sąnaudos gamybos operacijoms bei energijos sąnaudos mašinoms gaminti.

Atliekant tikslesnį technologijų energetinį vertinimą, papildomai įvertinamas ir atskiroms technologinėms operacijoms naudojamų mašinų energoimlumas ir žmogaus darbo energijos sąnaudos [6, 12]. Mechanizuotų darbų įkainiai, degalų sąnaudos, agregatų našumas, žmogaus darbo sąnaudos apskaičiuojamos remiantis naujausia [13, 14] informacija. Analogiška kurui naudojamų energetinių žolinių technologijų energetinio vertinimo metodika taikyta ir mūsų darbe. Įvertinant augalų auginimo, nuėmimo ir kuro ruošimo technologines operacijas, buvo apskaičiuojami šie energetinio vertinimo rodikliai:

- tiesioginės energijos sąnaudos;
- netiesioginės energijos sąnaudos;
- mašinų energoimlumas;
- žmogaus darbo energijos sąnaudos.

Susumavus šiuos rodiklius gaunamos bendrosios energijos sąnaudos kurui paruošti iš hektaro (MJ ha^{-1}). Pagal šias apskaičiuotas bendrąsias energijos sąnaudas palyginamos atskiros technologijos (tradicinių žolių ir stambiaštiebių žolinių augalų), įvertinama energijos sąnaudų dalis tenkanti augalams auginti ir derliui nuimti. Energijos sąnaudų skaičiavimo tikslumas – $0,1 \text{ MJ ha}^{-1}$.

Energetinių augalų produkcijoje sukaupta energija įvertinama nustatant šilumingumą juos deginant. Atlikus ankstesnius tyrimus nustatyta, kad žolinių augalų biomasės šiluminė vertė prilygsta šiaudams, degios masės žemutinė degimo šiluma $17,0\text{--}17,6 \text{ MJ kg}^{-1}$. Varpinių žolių ir jų mišinių degimo temperatūra žaizdro kūrykloje buvo $740\text{--}750 \text{ }^\circ\text{C}$, topinambų ir saulėgrąžų – $680\text{--}700 \text{ }^\circ\text{C}$ [10]. Nustačius augalų derlingumą (kg) ir žinant jų šiluminę vertę (MJ kg^{-1}) galima apskaičiuoti produkcijoje sukaupią energiją (MJ ha^{-1}).

Tyrimų rezultatai

Žolynų biomasės derlius.

Ankstesniųjų tyrimų (1997–1999 m.) duomenimis, pirmųjų dviejų derliaus metų žolynuose grynų varpinių žolių krūmijimąsi ir biomasės priaugimą skatino tręšimas azotu, ypač N_{90} . Nendrinų eraičinų ir beginklų dirsuolių mišiniai geriausiai derėjo su geltonžiedžiais barkūnais, atitinkamai $13,5\text{--}14,8 \text{ t ha}^{-1}$ SM. Beginklės dirsuolės (ir grynuose pasėliuose, ir mišiniuose) derėjo geriau už nendrinus eraičinius. 2002 metais ypatingai sausringomis sąlygomis visų žolynų biomasės derlius gautas žymiai mažesnis negu palankiais metais. Nendriniai eraičiniai buvo jautriausi sausroms, jų sausųjų medžiagų derlius svyravo nuo 2,9 iki $5,3 \text{ t ha}^{-1}$, o greta augę nendrinų dryžučių žolynai, buvo derlingesni už nendrinų eraičinų.

Vėlesniuose bandymuose, kur buvo augintos beginklės dirsuolės ir nendriniai dryžučiai bei jų mišiniai, biomasės derlius pastovesnis, normaliais 2001 metais beginklių dirsuolių biomasės sausųjų medžiagų kiekis svyravo nuo 6,3 iki 7,8 t ha⁻¹, nendrių dryžučių – nuo 7,5 iki 8,8 t ha⁻¹ (1 ir 2 lentelės). Derlingiausi buvo nendrių dryžučių mišiniai su lubiniais ir ožiarūčiais, jų biomasės priedas sudarė iki 1,8 t ha⁻¹ SM, palyginus su beginklių dirsuolių. Sausringais metais azoto trąšos buvo svarbios. Jomis patrešus, gryniesi varpiniai žolynai užaugino daugiau biomasės negu mišiniai. Mažiausiai sausros paveikė mišinius su ožiarūčiais. Jų mišinių su nendriniais dryžučiais derlius buvo toks pat kaip ir gryną, tręštų nendrių dryžučių.

1 lentelė. Energetinių beginklių dirsuolių ir jų mišinių biomasės sausųjų medžiagų kiekis t ha⁻¹, LŽI

Table 1. The amount of dry biomass (in t ha⁻¹) of energetic awlness bromegrass and it's mixes, LIA

Žolynų sudėtis	Derliaus metai				
	1998 ¹	1999 ¹	2001 ²	2002 ³	2003 ³
Grynas pasėlis, N ₆₀₋₉₀	11–12,9	7,5–9,1	7,8	5,5	5,8
Mišiniai su geltonžiedžiais barkūnais	14,8	9,1	6,5	3,2	2,8
Mišiniai su daugiamečiais lubiniais	10,6	8,4	7,3	3,2	4,2
Mišiniai su rytiniais ožiarūčiais	–	–	6,3	4,1	5,0
R ₀₅	0,43	0,28	0,38	0,42	0,49

Pastaba: Meteorologinės sąlygos žolėms: ¹ –labai palankios, ² – vidutinės, ³ – kritinės dėl drėgmės stokos.

2 lentelė. Energetinių nendrių dryžučių biomasės sausųjų medžiagų kiekis t ha⁻¹, LŽI

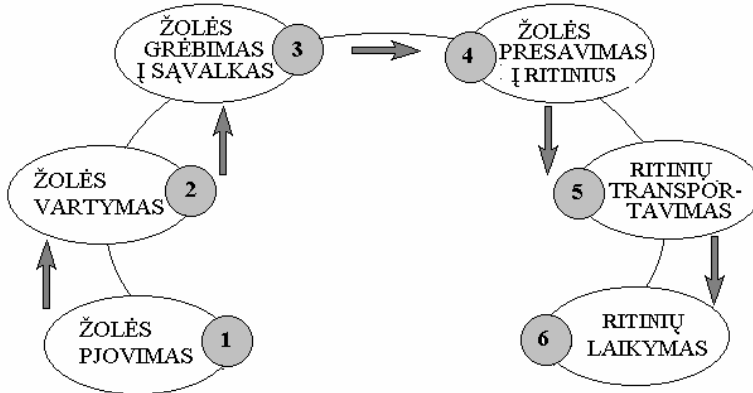
Table 2. The amount of dry biomass (in t ha⁻¹) of energetic green reed-grass and it's mixes, LIA

Žolynų sudėtis	Derliaus metai		
	2001	2002	2003
Grynas pasėlis, N ₆₀₋₉₀	7,5	6,2	7,0
Mišiniai su geltonžiedžiais barkūnais	7,8	4,2	3,2
Mišiniai su daugiamečiais lubiniais	8,8	4,8	4,4
Mišiniai su rytiniais ožiarūčiais	8,8	4,8	7,0
R ₀₅	0,49	0,26	0,59

Technologijos ir jų energetinis vertinimas

Energetinių žolinių augalų biomasės derliui nuimti ir kurui ruošti tinka tos pačios technologijos ir technika kaip ir pašarinėms žolėms bei šiaudams. Kurui, kaip ir pašarui, ruošiamą žolę reikia nupjauti, išdžiovinti iki 17–20 % drėgnio, supresuoti į ritinius arba ryšulius ir laikyti dengtoje saugykloje.

Žolei pjauti ir doroti – vartyti, grėbti, rinkti ir presuoti, transportuoti į saugyklą siūloma taikyti jau išbandytą technologinę schemą, pateiktą 1 pav.



1 pav. Tradicinių energetinių žolių nuėmimo technologija

Fig. 1. The technology of traditional energy grasses harvesting

Žolė pjaunama rotacine žoliapjove *Kverneland* firmos TA 338 (siūloma naudoti ir kitų firmų dalgines bei rotacines žoliapjoves). Apvytinta ant ražienos žolės masė vartoma rotaciniu grėbliu vartytuvu (siūlomas *Kverneland* firmos TA 725 C grėblys vartytuvas). Tinka ir kitų firmų rotaciniai grėbliai vartytuvai.

Esant palankiems, sausiesiems orams, po 5-ių, 6-ių dienų išdžiūvusią iki 20 % žolę galima presuoti į ritinius arba stačiakampius ryšulius. Siūloma naudoti Claas firmos rulonų presą „Rollant 46“, arba kitokią presą firmų: John Deere, Krone, *Kverneland*, New Holland ir kt.

Ritiniais kūrenami specialūs 130–500 kW galios katilai [15]. Parenkant ritininį presą žole arba šiaudais kūrenamai katilinei svarbu, kad preso formuojamų ritinių matmenys atitiktų katilo kūryklos matmenis.

Supresuotą žolę reikia nedelsiant surinkti, pakrauti į transporto priemones ir išvežti į saugojimo vietą, kad būtų apsaugoma nuo sudrėkimo ir lietaus. Ritiniams saugoti geriausiai tinka šieno daržinės, tačiau galima panaudoti bet kokią

dengtą pastatą arba laikyti sukrautus stirtose, uždengtose polietileno plėvele. Laikymo vieta turi būti sausa, apsaugota nuo paviršinio ir gruntinio vandens.

Vertinant technologiją kokybiniu požiūriu, nustatyti kurui naudojamų žolinių augalų doravimo lauke nuostoliai (žolę vartant, renkant, presuojant į ritinius ir transportuojant į saugyklą). Šie nuostoliai sudarė 10–12 %, į juos atsižvelgta atliekant technologijos energetinį vertinimą pasirenkant augalų derlingumą.

Atliekant technologijos energetinį vertinimą, siūloma kuro ruošimo iš tradicinių pašarų naudojamų žolių technologija ir technika pateikta 3 lentelėje.

3 lentelė. Varpinių ir ankštinių žolių mišinių auginimo ir derliaus nuėmimo tiesioginės energijos sąnaudos

Table 3. Direct energy input of growing and harvesting mixes of cereal and legume grasses

Darbų pavadinimas	Agregato faktinis našumas, ha h ⁻¹	Degalų sąnaudos, kg ha ⁻¹	Energijos sąnaudos, MJ ha ⁻¹
1. Arimas	0,7	13,48	575,6
2. Kultivavimas	1,94	5,1	217,8
3. Trašų barstymas	4,0	1,4	59,8
4. Sėja kartu akėjant	1,21	5,0×4	20,0
5. Trašų barstymas	4,0	1,4	59,8
			Σ =933,0
6. Žolės pjovimas	1,4	4,6	196,4
7. Žolės vartymas	3,2×2=6,4	2,5×2 =5	213,5
8. Žolės grėbimas į sangrėbas	3,2	2,5	1067
9. Žolės rinkimas ir presavimas	0,7	5,5	234,8
10. Ritinių pakrovimas	0,47	8,0	341,6
11. Ritinių transportavimas	0,15	32,64	1393,7
12. Ritinių krovimas daržinėje	0,47	8,0	341,6
			Σ =2828,3
		Iš viso:	3761,3

Pastabos: 1) dizelino pervedimo į MJ koeficientas: $k_k=42,7$ MJ kg⁻¹ [5];

2) žolės derlingumas – 8 t ha⁻¹ SM (skaičiuojame kaip 1-ąją pjūtį, natūraliai būna 2–3 pjūtys, po 2–4 t ha⁻¹ SM);

3) apskaičiuota žolėms – nendriniam dryžučiui su daugiamečiais lubiniais.

Šioje lentelėje parodytos varpinių ir ankštinių žolių mišinių auginimo ir derliaus nuėmimo tiesioginės energijos sąnaudos. Šios energijos sąnaudos panašios ir auginant bei dorojant grynas varpines žoles.

Be tiesioginių energijos sąnaudų įvertinamos ir netiesioginės energijos sąnaudos trąšoms ir sėklai (3, 5 ir 4 technologinės operacijos 3 lentelėje). Pateikti skaičiavimai dviem technologijoms: auginant varpinių ir ankštinių žolių mišinį (nenaudojant azoto trąšų) ir grynas varpines žoles (naudojant azoto trąšas). Auginant mišinį, ankštinės žolės dirvoje sukaupia azotą, dėl to jų tręšti azoto trąšomis nereikia.

Varpinių ir ankštinių žolių mišinio netiesioginės energijos sąnaudos:

1) trąšų barstymas: trąšos – dvigubas superfosfatas (zuperis) – $300 \text{ kg} \times 6,4 = 1920 \text{ MJ ha}^{-1}$;

2) trąšų barstymas: trąšos – kalio chloridas – $200 \text{ kg} \times 5,3 = 1060 \text{ MJ ha}^{-1}$;

3) sėja kartu akėjant: sėkla – varpinių+ankštinių (nendriųjų dryžučių + lubinų) mišinys – $25 \text{ kg} \times 7 = 175 \text{ MJ ha}^{-1}$.

Iš viso trąšoms ir sėklai: 3155 MJ ha^{-1} .

Energijos sąnaudos (su trąšomis, sėkla): $3761,3 + 3155,0 = 6916,3 \text{ MJ ha}^{-1}$.

Tarp jų: auginimas + trąšos ir sėkla = $4088,0 \text{ MJ ha}^{-1}$;

nuėmimas = $2828,3 \text{ MJ ha}^{-1}$.

Pasiūlytai technologijai apskaičiuotos bendrosios energetinės sąnaudos (įvertinus mašinų energoimlumą ir žmonių darbo sąnaudas) pateiktos 4 lentelėje.

4 lentelė. Varpinių ir ankštinių žolių mišinių auginimo ir derliaus nuėmimo energijos sąnaudos (energetinių rodiklių suvestinė)

Table 4. Energy input of growing and harvesting mixes of cereal and legume grasses (the summary of energetic indexes)

Rodiklių pavadinimas ir matavimo vienetai	Auginimo energijos sąnaudos	Nuėmimo energijos sąnaudos	Bendrosios energijos sąnaudos
Tiesioginės energijos sąnaudos, MJ ha^{-1}	933,0	2828,3	3761,3
Netiesioginės energijos sąnaudos (trąšos, sėkla), MJ ha^{-1}	3155,0	–	3155,0
Mašinų energoimlumas, MJ ha^{-1}	412,2	984,7	1396,9
Žmonių darbo sąnaudos, MJ ha^{-1}	4,0	17,1	21,1
Bendrosios energijos sąnaudos, MJ ha^{-1}	4504,2	3830,1	8334,3
Produkcijoje sukaupta energija, GJ ha^{-1}			iki 140

Iš 4 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad bendrosios varpinių ir ankštinių žolių mišinio auginimo ir kuro ruošimo energijos sąnaudos siekia $8334,3 \text{ MJ ha}^{-1}$. Didžiausią energijos sąnaudų dalį (virš 80 %) sudaro tiesioginės ir netiesioginės

energijos sąnaudos. Produkcijoje sukaupta energija siekia iki 140 GJ ha⁻¹, ji yra apie 16 kartų didesnė už energijos sąnaudas kurui pagaminti.

Skaičiavimuose energijos sąnaudos kurui paruoštiems energetiniams augalams laikyti neįvertintos, nes visoms lyginamoms technologijoms jos yra panašios.

Vertinant grynų varpinių žolių (nendrinio eraičino arba dryžučio) auginimo ir kuro ruošimo technologiją, netiesioginės energijos sąnaudos skaičiuojamos taip:

1) trąšų barstymas: trąšos – dvigubas superfosfatas (zuperis) – 300 kg × 6,4 = 1920 MJ ha⁻¹;

2) trąšų barstymas: trąšos – amonio salietra – 200 kg × 27,6 = 5520 MJ ha⁻¹;

3) sėja kartu akėjant: sėkla – nendriniai dryžučiai – 25 kg × 7 = 175 MJ ha⁻¹.

Iš viso trąšoms ir sėklai: 7615 MJ ha⁻¹.

Energijos sąnaudos (su trąšomis, sėkla): 3761,3+7615,0=11376,3 MJ ha⁻¹.

Tarp jų: auginimas + trąšos ir sėkla = 8548 MJ ha⁻¹;

nuėmimas = 2828,3 MJ ha⁻¹.

Pasiūlytai technologijai apskaičiuotos bendrosios energetinės sąnaudos pateiktos 5 lentelėje.

5 lentelė. Grynų varpinių žolių auginimo ir derliaus nuėmimo energijos sąnaudos (energetinių rodiklių suvestinė)

Table 5. Energy input of growing and harvesting pure cereal grasses (the summary of energetic indexes)

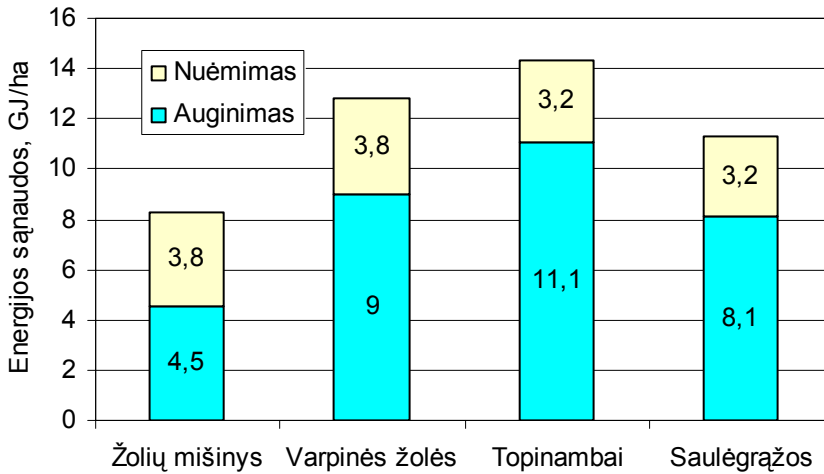
Rodiklių pavadinimas ir matavimo vienetai	Auginimo energijos sąnaudos	Nuėmimo energijos sąnaudos	Bendrosios energijos sąnaudos
Tiesioginės energijos sąnaudos, MJ ha ⁻¹	933,0	2828,3	3761,3
Netiesioginės energijos sąnaudos (trąšos, sėkla), MJ ha ⁻¹	7615,0	–	7615,0
Mašinų energioimlumas, MJ ha ⁻¹	412,2	984,7	1396,9
Žmonių darbo sąnaudos, MJ ha ⁻¹	4,0	17,1	21,1
Bendrosios energijos sąnaudos, MJ ha ⁻¹	8964,2	3830,1	12794,3
Produkcijoje sukaupta energija, GJ ha ⁻¹			115–130

Iš 5 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad bendrosios grynų varpinių žolių auginimo ir kuro ruošimo energijos sąnaudos siekia 12794,3 MJ ha⁻¹, jos yra 1,5 karto didesnės už energijos sąnaudas varpinių ir ankštinių žolių mišiniui ruošti. Produkcijoje sukaupta energija siekia iki 115–130 GJ ha⁻¹, ji yra 9–10 kartų didesnė už energijos sąnaudas kurui pagaminti.

Matome, kad grynų varpinių žolių auginimo energijos sąnaudoms didelę įtaką daro azoto trąšos, dėl to tikslinga varpines žoles auginti su ankštinių žolių

mišinių, tada jų nereikia tręšti azoto trąšomis ir tuo žymiai sumažėja energijos sąnaudos.

Kurui naudojamų skirtingų augalų rūšių auginimo ir derliaus nuėmimo energijos sąnaudos pateiktos 2 pav.



2 pav. Energetinių augalų auginimo ir derliaus nuėmimo energijos sąnaudos
Fig. 2. Energy input of growing and harvesting energy plants

Nustatyta, kad mažiausias energijos sąnaudų skirtumas augalams auginti ir nuimti yra varpinių ir ankštinių žolių mišinio (auginti sunaudojama $4,5 \text{ GJ ha}^{-1}$, nuimti – $3,8 \text{ GJ ha}^{-1}$), o didžiausias – topinambų (auginti sunaudojama net $11,1 \text{ GJ ha}^{-1}$, nuimti – $3,2 \text{ GJ ha}^{-1}$).

Įvertinus ir stambiestiebius energetinius augalus – topinambus ir saulėgražas (2 pav.), nustatyta, kad mažiausios yra bendrosios žolių mišinio auginimo ir derliaus nuėmimo energijos sąnaudos. Jos yra 1,5 karto mažesnės už grynų varpinių žolių, 1,7 karto mažesnės už topinambų stiebus ir 1,4 karto mažesnės už saulėgražų stiebus kurui paruošti reikalingas energijos sąnaudas.

Galiausiai galima teigti, kad energetiniu požiūriu kuro ruošimo iš tradicinių žolių technologija yra pranašesnė už kuro ruošimo iš stambiestiebių augalų – topinambų ir saulėgražų stiebus technologijas. Ypač tai išryškėja auginant varpinių ir ankštinių žolių mišinius, kai nereikia naudoti azoto trąšų.

Išvados

1. Energetinių žolynų biomasė palankiomis klimatinėmis sąlygomis, nupjauta optimaliu laiku pagal daugelio žolynų energetinį potencialą – liepos

mėnesį, svyravo nuo 6 iki 15 t ha⁻¹ sausųjų medžiagų; nepalankiomis sąlygomis, ypač dėl drėgmės stygiaus – nuo 2,8 iki 6,5 t ha⁻¹.

2. Ankštinės žolės, ypač geltonžiedžiai barkūnai ir rytiniai ožiarūčiai, reikšmingai didino mišinių biomase, kuri palankiais metais prilygo arba lenkė grynų varpinių žolynų, treštų azoto trąšomis, biomase.

3. Technologijas įvertinus energetiniu požiūriu nustatyta, kad mažiausios yra bendrosios varpinių ir ankštinių žolių mišinio auginimo ir kuro ruošimo energijos sąnaudos. Jos siekia 8334,3 MJ ha⁻¹ ir yra 1,5 karto mažesnės už grynų varpinių žolių, 1,7 karto mažesnės už topinambų stiebų ir 1,4 karto mažesnės už saulėgražų stiebų kuro ruošimo energijos sąnaudas.

4. Žolių mišiniuose sukaupta energija siekia iki 140 GJ ha⁻¹, ji yra apie 16 kartų didesnė už energijos sąnaudas kurui pagaminti, o grynose varpinėse žolėse apie 115–130 GJ ha⁻¹ ir 9–10 kartų viršija kuro gamybos energijos sąnaudas.

Literatūra

1. Ekologiškai jautrių ir nepalankių žemės ūkiui žemių naudojimo Lietuvoje mokslinės, socialinės ir gamybinės problemos integruojantis į Europos Sąjungą, V., 1997, p. 4–13; 37–50.
2. Nilsson, D., Hansson, P.A. Influence of various machinery combinations, fuel proportions and storage capacities on costs for co-handling of straw and reed canary grass to district heating plants. *Biomass and Bioenergy*. 2001, vol. 20, iss. 4, p. 247–260.
3. Žolininkystė Lietuvoje: LŽI mokslo darbai, 1995, t. 43, 288 p.
4. Žolių ūkis. *Žemdirbystė*. LŽI mokslo darbai. 1999, t. 46, 187 p.
5. Bundinienė, O., Šlepetienė, A., Svirskienė, A. Įvairaus chemizavimo lygio intensyvios ir organinės–biologinės žemdirbystės sistemų kalvoto reljefo sąlygomis kompleksinis įvertinimas: ataskaita / LŽI Vokės filialo Dūkšto būmų punktas, Dūkštas, 2002, p. 89–93.
6. Методические рекомендации по топливно–энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве / ЦОПКБ; ВИМ. 1989, 60 с.
7. Askew, M.F. Head of Agricultural and rural strategy. *Grassland: a global resource*. Wageningen Academic Publishers The Netherlands. 2005, p. 179–188.
8. Börjesson, P. Environmental effects of energy crops cultivation in Sweden–1: Identification and Quantification. *Biomass and Bioenergy*, 1999, vol. 16, iss. 2, p.137–170.
9. Hallam, A., Anderson, IC, Buxton, DR. Comparative economic analysis of perennial, annual, and intercrops for biomass production. *Biomass and Bioenergy*, 2001, vol. 21, iss. 6, p. 407–424.
10. Kryževičienė, A., Žaltauskas, A., Jasinskas, A. Daugiamečių žolių auginimas ir panaudojimas biokurui. *Žemės ūkio mokslai*, 2005, nr. 1, p. 40–49.

11. Sirvydis, J. Žolinių pašarų gamyba: monografija. Raudondvaris, 2001, 186 p.
12. Jasinskas, A. Žolinių augalų kuro ruošimo technologijų energetinis vertinimas. *Žemės ūkio inžinerija: LŽŪU ŽŪII ir LŽŪU mokslo darbai*, 2003, t. 35(4), p. 70–81.
13. Mechanizuotų agroserviso darbų įkainiai. Pagrindinio žemės dirbimo darbai/ LR ŽŪ Ministerija; Darbo ekonomikos ir mokymo metodikos tarnyba. Vilnius, 2003, 32 p.
14. Mechanizuotų agroserviso darbų įkainiai. Derliaus nuėmimo darbai/ LR ŽŪ Ministerija; Darbo ekonomikos ir mokymo metodikos tarnyba. Vilnius, 2003, 32 p.
15. Žaltauskas, A. Šiaudų panaudojimas kurui Lietuvoje. Kaunas, 2002, 44 p.

Algirdas Jasinskas, Aldona Kryževičienė

ENERGETIC GRASSLAND AND THE INPUT OF GROWING THEM AND PREPARATION FOR FUEL

Abstract

In Lithuanian Agricultural Institute since 1997 there are investigated special grasslands, biomass of which is used for bioenergy production. The presented literary data analysis proves the advantages of grasses in comparison with annual plants. Special grasslands for biofuel, under favorable conditions of agro-climate, are capable to grow from 6 to 15 t ha⁻¹ DM of biomass, which is suitable for fuel. The variations of biomass yield are determined by meteorological conditions, especially moisture and consist of grassland. When there is substantial lack of moisture, as it was in 2002 and 2003, there grows significantly less biomass, approximately the half of mentioned amount.

The substantiation of technologies for grass growing, handling and harvesting the biomass was completed; the technique for suggested technologies was selected. Technologies were evaluated in energetic approach, the energetic cost of separate technological operations of plant growing and harvesting was established. It was determined, that the lowest cost is of growing harvesting the penile and leguminous grass mix. It is 1.5 times less the one of pure penile, 1.7 times less then one of topinambour stems, and 1.4 times less then energetic consumptions used for fuel preparation from sunflower stems.

Energetic grasslands, perennial grasses, biomass, biofuel, technologies, energetic evaluation.

А. Ясинскас, А. Крижявичене

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТРАВЫ – ЗАТРАТЫ НА ВЫРАЩИВАНИЕ И ПОДГОТОВКУ К СЖИГАНИЮ

Резюме

В Литовском институте земледелия с 1997 г. исследуются энергетические травы, предназначенные для получения биотоплива. В результате анализа литературных данных установлено, что многолетние травы имеют преимущество по сравнению с однолетними растениями. При благоприятных агроклиматических условиях они ежегодно дают урожай от 6 до 15 т га⁻¹ с.в. биомассы, которую можно использовать в виде топлива. Урожайность биомассы зависит от метеорологических условий, особенно от количества выпадающих осадков и состава травосмесей. Если влаги недостаточно, как было в 2002 и 2003 годах, сбор биомассы существенно снижается, составляя всего половину упомянутой урожайности.

Обоснованы технологии выращивания и уборки энергетических трав, предложен набор соответствующей техники. Проведена энергетическая оценка отдельных технологических операций выращивания и уборки разных сортов трав. Установлено, что наименьшими являются расходы энергии на выращивание и уборку смесей злаковых и бобовых трав. Они в 1,5 раза меньше затрат на подготовку топлива из злаковых трав, в 1,7 раза меньше затрат на подготовку топлива из стеблей топинамбура и в 1,4 раза меньше затрат на подготовку топлива из стеблей подсолнечника.

Энергетические травы, многолетние травы, биомасса, биотопливо, технологии, энергетическая оценка.