

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2022 017**
(22) Paraiškos padavimo data: **2022-07-14**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2023-01-25**
(45) Patento paskelbimo data: **2023-06-12**

(73) Patento savininkas:

**Vytauto Didžiojo universitetas, K. Donelaičio g. 58,
LT-44248 Kaunas, LT**

(72) Išradėjas:

Algirdas JASINSKAS, LT
Kęstutis ROMANECKAS, LT
Jovita BALANDAITĖ, LT
Rita PETLICKAITĖ, LT
Marius PRASPALIAUSKAS, LT
Rasa KIMBIRAUSKIENĖ, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Algirdas JASINSKAS, Švyturių g. 5, 54114
Raudondvaris, Kauno r. sav., LT

(54) Pavadinimas:

Kukurūzų, kanapių ir pupų daugianario pasėlio biomasės granulės ir (arba) trąša

(57) Referatas:

Išradimas priklauso bioenergetikos sričiai, sprendžiančiai apsirūpinimo biomasės ištekliais problemas ir daugianario (trinario) pasėlio, sudaryto iš kukurūzų, kanapių ir pupų, panaudojimo biokuro gamybai problemas. Kukurūzai, kanapės ir pupos auginamos viename pasėlyje kaip mišinys. Biomasės santykis (kukurūzai : kanapės : pupos) pagal sausąją masę - apie 1:3:2. Trinario pasėlio augalų biomasė yra natūraliai išdžiovinama, smulkinama, malama ir granuliuojama. Pagamintos daugianario pasėlio granulės yra didelio tankio ir atsparios gniuždymui. Deginant granules užtikrinamas kokybiškas ir efektyvus degimo procesas, o nustatytos kenksmingų teršalų, tokių kaip anglies dioksido ir monoksido, azoto oksidų, nesudegusių angliavandenių ir sieros dioksido, emisijos neviršija leistinų normų ir yra tinkamos naudoti nedidelio galingumo šildymo katiluose. Išradimas priklauso ir žemės ūkio sričiai, nes prisideda prie dirvožemio gerinimo ir derlingumo atstatymo problemos sprendimo, o atsižvelgiant į daugianario pasėlio granulių cheminę sudėtį, jos galėtų būti naudojamos ir kaip organinė trąša, nes jose yra nemaži kiekiai fosforo, kalio ir kalcio.

TECHNIKOS SRITIS

Išradimas susijęs su kietuoju biokuru ir (arba) trąša, gaminamais iš kukurūzų, kanapių ir pupų daugianario (trinario) pasėlio biomasės, presuojant ją į granules. Išradimas priklauso bioenergetikos sričiai, sprendžiančiai apsirūpinimo biomasės ištekliais problemas. Išradimas priklauso ir žemės ūkio sričiai, nes prisideda prie dirvožemio gerinimo ir derlingumo atstatymo problemos sprendimo.

TECHNIKOS LYGIS

Senkant iškastinio kuro ištekliams ir aštrėjant klimato kaitos problemoms, svarbu rasti pakankamai alternatyvų kietojo biokuro gamybai. Žaliava kietajam biokurui gali būti ir žemės ūkio augalai, pasižymintys tinkamomis tokios rūšies kurui savybėmis. Šiuo metu Lietuvoje vieną didžiausių biomasės produktyvumo potencialą turi kukurūzai, kanapės, pupos ir kt. žemės ūkio augalai. Juos auginant kartu kaip mišinį gaunama didesnė biomasė iš ploto vieneto. Nors paskelbta daug mokslinių tyrimų rezultatų, pagrindžiančių ne medienos biomasės (pvz., žolinių augalų, žemės ūkio augalų atliekų ir t.t.) tinkamumą granuliuotam kietajam biokurui, iki šiol nebuvo žinomas granuliuotas biokuras iš trinario pasėlio (paprastojo kukurūzo, sėjamosios kanapės ir lauko pupos) biomasės. Nebuvo ištirtos granulių, pagamintų iš trinario pasėlio biomasės savybės, taip pat nėra informacijos apie tokių granulių tinkamumą tręsimui. Kokybines charakteristikas atitinkančių granulių gamyba iš trinario pasėlio antžeminės augalų dalies biomasės sudarys prielaidas efektyviau apsirūpinti augaline biomase energetinėms reikmėms, minimalizuojant neigiamą poveikį aplinkai.

Artimas išradimui yra išradimo paraiškoje CZ PV 2002-0885 aprašomas iš kanapių pluošto pagamintas presuotas kuras. Auginant vien kanapes yra alinamas dirvožemis, todėl mūsų siūlymas auginti kanapes kartu su lauko pupomis ir kukurūzais yra tvaresnis.

Artimas šiam išradimui yra patentas BG109410, kuriame aprašytas kieto kuro gamybos būdas iš augalinės biomasės turinčios didelį kiekį celiuliozės. Biokuras gaminamas cilindrinėmis granulėmis, kurių skersmuo nuo 5 iki 9 mm, o ilgis nuo 5 iki 25 mm, jų piltnis tankis siekia apie 650 kg m^{-3} , o savitoji kuro degimo šiluma – nuo 17 500 iki 20 000 kJ kg^{-1} . Kietojo biokuro gamybos būdas apima pradinės biomasės malimą iki maksimalaus dalelių dydžio ne didesnio kaip 5 mm, džiovinimą džiovinimo

įrenginyje, kad drėgnis būtų mažesnis nei 12–15 proc., o vėliau išdžiovintos žaliavos malimą iki maksimalus dalelių dydžio, siekiančio 1,5 mm. Granulės gaunamos ekstruzijos būdu rotaciniame ekstruderyje su daugybe angų, esant 32 000–49 000 kN m⁻² slėgiui. Granulės, gautos po ekstruderio, atšaldomos aplinkos oru.

Kitas kieto gabalinio kuro gaminimo būdas naudojant augalines atliekas aprašomas paraiškoje LT4773B. Gamybos procese kuro gabalai formuojami, pjaustomi ir džiovinami.

Patente IN2507/MUM/2008 aprašomas kietasis biokuras iš vieno ar daugiau žolinių (miglinių) augalų. Pagal šį išradimą, bet kuri augalų dalis, pvz., stiebas, lapai ar žiedai gali būti naudojama kietajam biokurui gaminti granulių forma.

Artimiausias pagal turinį yra paraiškoje LT 2019 024 A aprašytas išradimas – pupų atliekų biokuro granulės ir (arba) sorbentas, trąša (patento numeris LT 6701 B). Minėtoje paraiškoje nurodoma, kad po sėklų nukūlimo lauke lieka 5,4–5,5 t ha⁻¹ atliekų (sausosiomis medžiagomis), kurios gali būti panaudotos kietojo biokuro gamybai. Tais atvejais, kai esant nepalankioms klimatinėms sąlygoms pupų derlius gaunamas nerentabilus, siūloma biokuro gamybai naudoti visą pasėlio antžeminės dalies biomasę kartu su pupų sėklomis. Pagrindines pupų atliekų biokuro granulių charakteristikas galima matyti 1-4 lentelėse.

Išradimo paraiškoje pateiktas sprendimas turi daug privalumų, nes siūlomų augalų biomasė užauginama trumpos vegetacijos sąlygomis ir gaunama daugiau biomasės iš ploto vieneto bei išskiriamas didesnis deguonies kiekis, taip pat iš šios biomasės pagaminus granuliuotą biokurą, išskiriami nedideli leistini CO, NO_x ir C_xH_y teršalų kiekiai deginant granules.

IŠRADIMO ESMĖ

Išradimo uždavinys – iš kukurūzų, kanapių ir pupų daugianario pasėlio biomasės (nuimtos po 103–105 dienų nuo sudygimo, kai kukurūzuose, kanapėse ir pupose esantis sausųjų medžiagų kiekis yra atitinkamai 23–25 proc., 30–34 proc. ir 70 proc., išdžiovintos iki 12–15 proc. drėgnio, naudojamos santykiu (kukurūzai : kanapės : pupos) pagal sausąją masę 1 : 3 : 2) pagaminti granules, atitinkančias kokybės ir aplinkosaugos standartus, ir tinkančias naudoti kurui mažo galingumo šildymo katiluose bei tręšimui.

Kukurūzai, kanapės ir pupos auginamos viename pasėlyje kaip mišinys. Bendras trinario pasėlio sausosios biomasės derlingumas yra iki 20 t ha^{-1} , tačiau nepalankiomis vegetacijos sąlygomis gali sumažėti kelis kartus.

Natūraliai iki 12–15 proc. drėgnio išdžiovinta biomasė smulkinama MARAL–125 kombaino būgniniu smulkintuvu, vėliau malama naudojant Retsch SM 200 Hummer malūną (Vokietija). Trinario padėlio biomasė sumalama pakankamai smulkiai. Malinyje esti apie 79 proc. dalelių iki 1 mm dydžio, ir apie 21 proc. – 2 mm dydžio. Granulių gamybai naudojamas mažos galios (7,5 kW, pagaminama iki $200\text{--}300 \text{ kg h}^{-1}$ granulių) granulatorius ZLSP200B (Lenkija) su horizontalioje matricoje esančiomis 6 mm skylutėmis.

Granuliuoto trinario pasėlio biokuro granulių tankis yra apie 1143 kg m^{-3} s. m. (sausųjų medžiagų). Jis yra mažesnis už granulių iš pupų atliekų tankį, bet prilygsta granulėms iš medienos pjuvenų. Granulės, pagamintos iš daugianario pasėlio biomasės yra atsparios gniuždymui, nes jų gniuždymo jėga artima medienos pjuvenų granulėms (siekia $14,3 \text{ N mm}^{-2}$), todėl jos yra pritaikytos sandėliavimui, fasavimui ir transportavimui bei naudojimui deginimo įrenginiuose (1 lentelė).

Iš trinario pasėlio biomasės pagaminto kietojo biokuro granulių peleningumas (6,1 proc.) yra didesnis nei iš pupų atliekų pagamintų granulių (3,9 proc.), tačiau šis rodiklis atitinka standarto ISO 17225-6 reikalavimus, keliamus ne medienos biomasės kietajam biokurai (B klasei ≤ 10 proc.). Daugianario pasėlio biomasės granulių sausosios masės apatinis šilumingumas ($16,92 \text{ MJ kg}^{-1}$) bei drėgnosios masės apatinis šilumingumas ($15,79 \text{ MJ kg}^{-1}$) yra artimas granulių, pagamintų iš pupų atliekų apatiniam šilumingumui, tačiau šiek tiek nusileidžia granulėms iš medienos pjuvenų (2 lentelė). Granulių iš trinario pasėlio biomasės drėgnis yra mažesnis nei pagamintų iš pupų atliekų ar medienos pjuvenų (2 lentelė).

Deginant daugianario pasėlio biomasės granules nustatytos kenksmingų teršalų emisijų vidutinės reikšmės: anglies dioksido (CO_2), anglies monoksido (CO), azoto oksidų (NO_x) buvo didesnės nei deginant pupų atliekų granules, tačiau neviršijo leistinų normų (3 lentelė). Nesudegusių angliavandenilių C_xH_y emisijos buvo 3,3 karto mažesnės, o sieros dioksido SO_2 emisijos – 5 kartus mažesnės nei deginant pupų atliekų granules. Lyginant su medienos pjuvenų granulėmis, daugianario pasėlio granulės degdamos išskyrė mažiau CO_2 , daugiau O_2 , panašų kiekį CO, apie 3 kartus didesnę kiekį NO_x , apie du kartus mažesnę C_xH_y kiekį ir daugiau SO_2 dujų.

Atsižvelgiant į daugianario pasėlio granulių cheminę sudėtį, jos galėtų būti naudojamos kaip organinė trąša, nes jose yra nemažai fosforo, kalio ir kalcio (4 lentelė).

TYRIMŲ REZULTATAI

Trinario pasėlio biomasė buvo užauginta Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos (VDU ŽŪA) Bandymų stoties laukuose. Viename pasėlyje auginti 3 augalai: paprastasis kukurūzas (*Zea mays L.*), sėjamoji kanapė (*Cannabis sativa L.*) ir lauko pupa (*Vicia faba L.*). Iš šių augalų biomasės VDU ŽŪA laboratorijose buvo pagamintos biokuro granulės, ir nustatytos granulių biometrinės, fizikinės-mechaninės savybės. Lietuvos energetikos instituto Šiluminių įrengimų tyrimo ir bandymų laboratorijoje buvo nustatyta granulių elementinė sudėtis, peleningumas, šilumingumas ir dujų emisijos. Gauti tyrimų duomenys pateikiami 1-4 lentelėse.

1 lentelė. Biokuro granulių fizikinių savybių palyginimas

Žaliava	Granulės tankis, kg m^{-3} s.m.	Piltinis tankis, kg m^{-3}	Didžiausia gniuždymo jėga, N mm^{-2}
Trinario pasėlio biomasė	1143,3	646,2	14,3
Pupų atliekos*	1435,9	700,3	20,7
Spygliuočių medienos pjuvenos*	1000-1400	650,0	15,3

* Šaltinis – patentas LT 6701

2 lentelė. Biokuro granulių drėgnio, peleningumo ir šilumingumo palyginimas

Žaliava	Drėgnis, proc.	Peleningumas, proc.	Sausosios masės apatinis šilumingumas, MJ kg ⁻¹	Drėgnosios masės apatinis šilumingumas, MJ kg ⁻¹
Trinario pasėlio biomasė	5,6	6,1	16,9	15,8
Pupų atliekos*	9,0	3,9	17,0	15,3
Spygliuočių medienos pjuvenos*	<12,0	<1,5	17,2-19,5	>16,9

* Šaltinis – patentas LT 6701

Pastaba: pagrindiniai reikalavimai ne medienos biokuro granulėms yra drėgnis, grynas šilumingumas ir peleningumas. Pagal tarptautinį standartą ISO 17225-6, apibrėžiantį kietojo ne medienos biokuro granulių specifikacijas, grynojo šilumingumo reikšmė A ir B klasei $\geq 14,5$ MJ/kg, peleningumas A klasei ≤ 6 proc.; B klasei ≤ 10 proc., drėgnis A klasei ≤ 12 proc., B klasei ≤ 15 proc.

3 lentelė. Kenksmingųjų emisijų deginant skirtingo kuro granules palyginimas

Žaliava	CO ₂ proc.	O ₂ proc.	CO ppm	NO _x ppm	C _x H _y ppm	SO ₂ , ppm
Trinario pasėlio biomasė	4,3	16,2	362	159	17	0,4
Pupų atliekos*	4,1	15,2	1072	151	56	2,0
Spygliuočių medienos pjuvenos*	4,9	14,8	360	46	34	0,01

* Šaltinis – patentas LT 6701

4 lentelė. Biokuro granulių elementinės sudėties palyginimas (proc.).

Žaliava	N	P	K	Ca	Mg	S	C
Trinario pasėlio biomasė	0,99	0,22	1,08	0,82	0,21	0,05	45,35
Pupų atliekos*	1,27	0,38	2,92	1,05	0,27	<0,01	46,22
Spygliuočių medienos pjuvenos*	0,5-2,3	0,02-0,03	0,26-0,46	nd	nd	0,05	48-50

* Šaltinis – patentas LT 6701, nd – nėra duomenų.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Biokuras, gaminamas iš daugianario pasėlio-mišinio, supresuotas į granules, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad gamybai naudojama kukurūzų, sėjamųjų kanapių ir lauko pupų augalinė biomasė trumpos 103-105 dienų nuo sudygimo vegetacijos sąlygomis.

2. Biokuras pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad jį galima naudoti mažo galingumo šildymo katiluose ir (arba) kaip organinę trąšą.