

(19)



(10) **LT 5495 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patent numeris: **5495** (51) Int. Cl. (2006): **C05F 7/00**

(21) Paraiškos numeris: **2007 026**

(22) Paraiškos padavimo data: **2007 04 20**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2008 02 25**

(45) Patent paskelbimo data: **2008 04 25**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(72) Išradėjas:

Rapolas LIUŽINAS, LT
Karolis JANKEVIČIUS, LT
Justina VEGÉLYTĖ, LT

(73) Patent savininkas:

Viešoji įstaiga „Grunto valymo technologijos“, Antakalnio g. 42, LT-10304
Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Genė Ona SRUOGIENĖ, A.P.Kavoliuko g. 24-152, LT-04328 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Būdas gėlavandenių telkinių sapropelio kokybei gerinti

(57) Referatas:

Būdas gėlavandenių telkinių sapropelio kokybei gerinti priklauso organo-mineralinių trąšų gamybos sričiai, kai pagrindiniu trąšų komponentu naudojamas gėlavandenių telkinių, pavyzdžiui, ežerų sapropelis, ir gali būti panaudotas gaminant sapropelio trąšas, kurios vartojamos dirvožemio derlingumui didinti, kultivuojamų augalų imunitetui stiprinti bei jiems apsaugoti nuo fitopatogeninių organizmų. Būdas apima sapropelio pulpos patalpinimą į sėsdintuvą, vandens augalų-makrofitų įveisimą ir auginimą sapropelio pulpoje, kur sėsdintuvus sapropelio pulpa užpildo tokio storio sluoksniu, kad jis tiktų makrofitams įsišaknyti, į sapropelio pulpą pasodinus vandens augalus inokuliuoja azotą fiksuojančių melsvabakterių asociacija, o į vandens augalų vegetacijos periodo pabaigą minėtus augalus susmulkina, susmulkintų vandens augalų biomasę sumaišo su sutankintos drėgmės sapropeliu, gautą minėtos biomasės ir sapropelio mišinį-substratą perkelia į kompostavimo aikštelę, suformuoja komposto krūvą, kurioje gamina sapropelio kompostą aktyvuoju aerobiniu būdu.

Išradimas priklauso organo-mineralinių trąšų gamybos sričiai, kai pagrindiniu trąšų komponentu naudojamas gėlavandenių telkinių, pavyzdžiui, ežerų sapropelis, ir gali būti panaudotas gaminant sapropelio trąšas, kurios vartojamos dirvožemio derlingumui didinti, kultivuojamų augalų imunitetui stiprinti bei jiems apsaugoti nuo fitopatogeninių organizmų.

Sapropelis yra struktūra, kuri susiformuoja vandens telkiniuose, jų dugne, iš autochtoninių ir alochtoninių organinių ir mineralinių medžiagų, vykstant jų biodestrukcijai, humifikacijai ir struktūrizacijai. Sapropelis pagal savo cheminę sudėtį skirstomas į organinį, kalkinį, silicinį ir mišrųjį, būtent organinį kalkinį bei organinį silicinį.

Sapropelis naudojamas medicinos reikmėms, gyvulininkystėje, statybinių medžiagų, chemijos pramonėje ir daug kur kitur. Labiausiai sapropelis naudojamas kaip trąša dirvožemio agrocheminėms ir fizinėms savybėms gerinti, žemės ūkio augalų derliui didinti. /L. Katkevičius, A. Ciūnys, E. Bakšienė „Ežerų sapropelis žemės ūkiui“, Vilnius, 1998; M. Lopotko, G. Jevdokimova, P.Kuzmickij „Sapropeli v selskom choziaistve“, Minsk, 1992; N. Brakš „Sapropelvyje otloženija i puti ich ispolzovanija“, Riga, Zinatne, 1971; S. Björk „Swedish lake restoration program gets results“, Ambio 1, 1972/.

Žinomas trąšų gamybos būdas sapropelio pagrindu, kai šaldymu nuvandenintą sapropelį apdoroja vandenilio peroksidu santykiu 10:1, į jį prideda NPK mineralinių trąšų, mišinį inokuliuoja dirvožemio mikroorganizmais, mišinį kompostuoja (RU patentas Nr., 2 286 321 C1, C05F 7/00, C05F 3/00).

Šio būdo trūkumas – ilga pradinė sapropelio ruošą, jo nuvandeninimas šaldymu, brangių medžiagų naudojimas (vandenilio peroksidas, NPK). Dėl šių priežasčių trąša tampa pernelyg brangi ir nepaklausė.

Žinomas sapropelio koncentrato gavimo būdas, kai sapropelio hidromasę nuvandenina separavimo būdu, hidromasę prieš separavimą pašildo ir ją apdoroja NaOH panaudojant šarmus tiek, kad jų kiekis siektų 0,2 % sapropelio masės. Gauna humatų vandens tirpalą, o

nugarinus vandenį, humatų miltinį koncentratą (RU patentas Nr. 2 127 713 C1, C05F 7/00, E21C 50/00).

Tokio sapropelio koncentrato gamyba, jo džiovinimas yra sudėtingas. Reikalinga speciali įranga, reagentai, kurie pabrangina pasiūlytos technologijos panaudojimą. Ūkiniu požiūriu siūlomas būdas nepatrauklus.

Taip pat žinomas sapropelio paruošimo būdas, kai jį išpilsto plonu sluoksniu, periodiškai maišo siekiant pagreitinti jo džiovimą. Saproelio džiovinimo metu į jį įterpia organinės bei mineralinės medžiagos – durpes, skiedras, pjuvenas, mėšlą, mineralines trąšas, ceolitą, pats sapropelis natūraliu būdu (žiema) šaldomas. Išdžiovintą sapropelį smulkina iki miltinės būklės arba granuliuoja (RU patentas Nr. 2 041 866 C1, C05F 7/00).

Šis sapropelio paruošimo būdas užtrunka ilgą laiką. Būtinės didelės darbo sąnaudos. Miltinis bei granuliuotas sapropelis tampa pernelyg brangiu produktu.

Artimiausias siūlomam sapropelio trąšų gamybos būdai techninis sprendimas pateiktas RU patente Nr. 2 239 619 C2, C05F 7/00. Saproelio masės paruošimą vykdo natūraliomis oro sąlygomis. Saproelio hidromasę hidrauliniu būdu išima iš vandens telkinio ir patalpina 70-80 cm storio sluoksniu į sėdintuvus, kuriuose įrengti filtravimo šulinėliai. Saproelio hidromasę nuvandenina šaldant žiemos metu per 2 žiemos laikotarpius. Džiovina iki 60-65 % drėgnio lauko sąlygomis. Struktūringos sapropelio masės dalelių dydis 0,2-12 mm. Saproelį praturtina mineralinėmis trąšomis tokiu masės santykiu: azotas – 0,010-0,038; fosforas – 0,015-0,056; kalis – 0,015-0,056; likusioji dalis sapropelis ir tokiu būdu gauna organo-mineralinių trąšų kompoziciją sapropelio pagrindu.

Šis trąšų sapropelio pagrindu gamybos būdas iš esmės nesiskiria nuo kitų aukščiau aptartų būdų. Jo trūkumas yra tas, kad trąšų gamyba užtrunka ilgai – 2 metus. Sėdintuvuose suformuotą sapropelio sluoksnį šaldo žiemos metu, pavasarį atšildo ir džiovina, tas sudaro pagrindinius sapropelio masės parengimo sunkumus. Be to, trąšų kompozicijai naudojamos brangios mineralinės trąšos, taigi būdo praktinis panaudojimas nerentabilus.

Sapropelis yra koloidinės sandaros. Ši sandara priklauso nuo to, jog jame yra daug geležies (sapropelio pelenuose FeO_3 yra 2,3-8,3 %), aliuminio (Al_2O – 1,1-3,9 %), silicio (SiO_2 - 1,1-3,9 %) oksidų. Šie oksidai sapropelyje sudaro gelius. Tai kieto kūno sandarą turintys koloidiniai tirpalai. Koloidai sugeria daug vandens – iki 90 ir daugiau procentų. Lėtai sausėja. Sunkiai išgarina vandenį, o išdžiūvę tampa visai kieti. Sapropelis dėl savo sandaros pasižymi maža filtracija.

Sapropelio šaldymas žiemos metu, kaip tas parodyta aprašytuose patentuose, bei sušaldyto sapropelio atšildymas pavasarį leidžia jį išdžiovinti iki 50-60 % drėgnumo, tačiau nepašalina kitų jo trūkumų. Sapropelio fosfatus PO_4^{2-} , kurie labai svarbūs augalų augimui, į mažai tirpias bei netirpias druskas sujungia sapropelyje esantys gausūs geležies jonai. Pasigamina geležies fosfatas FePO_4 . Tokie fosfatai sunkiai arba iš viso nepatenka į augalą, tampa jam neprieinami. Žemės ūkio kultūrų, kurios tręšiamos sapropeliu, mineralinė mityba yra apsunkinta dėl vadinamos cheminės sorbcijos. Ji atsiranda dėl sapropelio fizinės-cheminės sandaros. Tai reiškiny, kai katijonai (NH_4^+ , Mg^+ , K^+ , Ca^{2+} ir kt.) ir anijonai (NO_3^- , PO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-} ir kt.) susijungia į mažai tirpias druskas. Jos sunkiai patenka į augalo organizmą.

Siūlomo išradimo uždavinys – pagerinti sapropelio kokybę paruošiant tinkamą trąšai purią, pigią, kokybišką ir efektyvią organo-mineralinę trąšą nenaudojant ilgai trunkančio sapropelio hidromasės nuvandeninimo ją šaldant žiemos metu.

Uždavinys išsprendžiamas tuo, kad gėlavandenių telkinių sapropelio kokybei pagerinti sėsdintuvus užpildo sapropelio hidromasės pulpos sluoksniu, minėto sapropelio hidromasės nuvandeninimui ir jo struktūros gerinimui naudoja biologinę priemonę – vandens augalus-makrofitus, kuriuos sodina ir augina sapropelio pulpos sluoksnyje, minėtus augalus inokuliuoja azotą fiksuojančių melsvabakterių asociacija, į vandens augalų vegetacijos periodo pabaigą minėtus augalus susmulkina, susmulkintų vandens augalų biomasę sumaišo su sutankintos drėgmės sapropeliu, gautą minėtos biomasės ir sapropelio mišinį-substratą perkelia į kompostavimo aikštelę, suformuoja komposto krūvą, kurioje gamina sapropelio kompostą aktyvuoju aerobiniu būdu.

Sėsdintuvus užpildo sapropelio pulpos sluoksniu, kurio storis 35-45 cm, drėgnis siekia 90-93 %, sėsdintuvuose sapropelį sutankina per 3-5 paras leidžiant suspenduotoms sapropelio

hidromasės dalelėms nusėsti, po to į gautą vandens augalams iššaknyti tinkamą sapropelį sodina vandens augalus-makrofitus *Phragmites australis* (paprastąją nendrę), *Typha latifolia* (plačialapį švendrą), *Acorus calamus* (balinį ajerą) ir *Bidens tripartitus* (triskiautį lakišį).

Gera yra tai, kad vandens augalų-makrofitų transpiracija pagreitina sapropelio nuvandeninimą ir mažina kieto kūno sandarą turinčių koloidinių tirpalų poveikį. Minėti augalai plačiai paplitę Lietuvoje, todėl nebrangios sodinamosios medžiagos sapropelio pulpai apsodinti yra pakankamai.

Į sapropelio pulpą vandens augalus sodina šakniastiebiais, kurių kiekvieno sodmens masė siekia 1,5-2,0 kg, minėtus sodmenis sodina augalų vegetacijos periodo pradžioje (balandžio pabaiga – gegužės pradžia), o jų sodina tiek, kad kiekvienam m² tektų ne mažiau kaip 4 sodmenys. Pasodintus vandens augalus inokuliuoja azotą fiksuojančių melsvabakterių asociacija, kurią sudaro *Anabaena* (*A. hassalii*, *A. flos-aquae*, *A. lemermanii*, *A. planctonica*, *A. scheremetievi*, *A. spiroides*, *A. vigueri*) ir *Nostoc* (*N. linckia*, *N. verrucosum*) rūšys.

Taip pasodinti augalai gerai auga, lapais išgarina sapropelio hidromasės perteklinį drėgnį ir per vegetacijos periodą priaugina didelį biomasės kiekį.

Vandens augalų vegetacijos pabaigoje (rugsėjo pradžioje) minėtų augalų biomasę susmulkina ir sumaišo su sutankintu iki 50-60 % drėgmės sapropeliu, mišinį-substratą perkelia į kompostavimo aikštelę, kurioje formuoja komposto krūvą ir joje gamina kompostą aktyviuoju aerobiniu būdu. Tam į formuojamą komposto krūvą inokuliuoja organines medžiagas skaidančių mezofilinių ir termofilinių mikroorganizmų užkratu-inokuliatu, kurio įterpia santykiu maždaug 2 kg trąšaus substrato vienai tonai komposto.

Sapropelio gera fizinė būklė, gera jo struktūra užtikrina spartų augalų augimą ir vystymąsi. Sapropelio struktūra bei jo mechaninė sudėtis reguliuoja jo vandentalpą, vandens sorbcijos gebą, o taip pat aeracijos procesus. Šios sapropelio savybės turi tiesioginės reikšmės aukštesniųjų augalų šaknų augimui bei rizosferos mikroorganizmų veiklai. Šie organizmai (tai parodyta 1 ir 2 pavyzdyje), kai atsiranda jų funkcinė veikla palankios sąlygos, intensyviai transformuoja organines medžiagas į mineralines, kurios jau tampa prieinamos augalams – žemės ūkio kultūroms.

Sapropelio trąšos gaunamos tokiu būdu. Sapropelio pulpa, kurios drėgnis siekia 90-93 %, i sės dintuvą transportuoja pulpovamzdžiu. Sės dintuvus užpildo 35-45 cm storio sluoksniu. Pulpos smulkiosioms dalelėms per 3-5 paras leidžia nusėsti. Pulpos hidromasei sutankėjus sodina vandens augalus *Phragmites australis* (paprastoji nendrė), *Typha latifolia* (plačialapis švendras), ir *Acorus calamus* (balinis ajeras) ir *Bidens tripartitus* (triskiautis lakišius).

Phragmites australis (paprastoji nendrė) daugiametis, 1-4 m aukščio augalas. Turi ilgus, storus šakniastiebius. Stiebas status, storas lapuotas. Lapai linijiškai lancetiški, 25 mm pločio. Šluotelė tanki, 20-25 cm ilgio. Žydi liepos-rugsėjo mėn. Vaisius platina vėjas ir vanduo. Auga upių, ežerų, vandens telkinių pakrantėse. Vandenyje siekia iki 2 m gilumos. Augalas gerai sorbuoja iš terpės-vandens mineralines medžiagas. Jo biomasėje daug baltyminių ir cukrinių medžiagų.

Typha latifolia (plačialapis švendras) daugiametis, 1,0-2,5 m aukščio augalas. Turi storą, gerai išvystytą šakniastiebį. Lapai platūs, linijiški, 10-20 mm pločio. Žiedynas – cilindriškos rudos burbuolės. Žydi liepos-rugpjūčio mėn. Vaisius – riešutėlis. Auga pelkėtose upių ir ežerų pakrantėse, kūdrose, sekliuose vandens telkiniuose. Sudaro grynas arba beveik grynas bendrijas. Augalo povandeninės dalys (šaknys, šakniastiebiai, stiebai) intensyviai sorbuoja vandens mineralines medžiagas.

Acorus calamus (balinis ajeras) daugiametis, 60-100 cm aukščio augalas. Šakniastiebiai stori, 1,5-3,0 cm diametro, šliaužiantys, šakoti. Stiebas iš vienos pusės su briauna, iš kitos, priešingos – įlinkęs. Lapai bekočiai, ilgi, kardiški. Jų pakraštys banguotas. Burbuolė cilindriška, 4,5-9,5 cm ilgio. Žydi birželio-liepos mėn. Sėklos mūsų sąlygomis nesubręsta. Auga ežerų, tvenkinių, kūdrų dumblinguose pakraščiuose. Puikus mineralinių medžiagų sorbentas.

Bidens tripartitus (triskiautis lakišius) vienmetis, 30-100 cm aukščio augalas. Šaknis liemeninė, šakota. Stiebas status, bambliai raudonai rudi. Žiedai smulkūs, dvilyčiai 1,0 –1,5 cm skersmens graižuose. Vaisius – kibus lukštavaisis. Žydi nuo birželio iki spalio mėnesio. Dauginasi lukštavaisiais, auga upių ir ežerų pakrantėse, grioviuose. Dažnas. Kaupia mineralines medžiagas. Vaistinis augalas. Lakišiaus jaunos iki 15 cm ilgio viršūnės naudojamos vonioms. Gydo nuo skrofuliozės, galvos seborėjos, vaikų išbėrimo-diatezės.

Visi aptarti augalai plačiai paplitę Lietuvoje. Sapropelio pulpa užsodina nurodytų vandens augalų šakniastiebiais. Ruošiami 1,5-2,0 kg masės šakniastiebiai. Tinkamiausias laikas jų ruošai yra balandžio pabaiga – gegužės pradžia. Į pulpos 1 m² talpina 4 sodmenis.

Vandens augalai sparčiai vystosi. Per trumpą laiką išaugina gausias šaknis ir šakniastiebius. Jie į sapropelio pulpą išskiria vandenilio (H⁺) jonus, o taip pat organines rūgštis. Šie junginiai iš surištos būklės atpalaiduoja fosforą ir kitus mitybinius elementus. Jie tampa tirpūs. Juos savo šaknimis įsisavina vandens augalai. Atpalaiduoti mitybiniai elementai suaktyvina augalų rizosferos ir sapropelio pulpos mikroorganizmų dauginimąsi bei jų fiziologinę-biocheminę veiklą.

Didelis vandens augalų (makrofitų) vaidmuo tenka sapropelio nuvandeninimui. Makrofitai pasižymi energingu vandens garinimu – transpiracija. Transpiracija priklauso nuo daugelio aplinkos sąlygų: šviesos, temperatūros, vandens kiekio ore ir sapropelyje, augalų šakninės mitybos. Tačiau vidurkiniais duomenimis augalai dieną išgarina iki 250 g/m², naktį – iki 20 g/m² vandens per valandą. Paskaičiuota, jei paros vidutinis transpiracijos intensyvumas 50 g/m² per valandą, o vandens augalų lapų paviršius 40 tūkstančių m²/ha, tuomet per parą hektaras vandens augalų išgarina 48 m³, o per mėnesį apie 150 mm storio vandens sluoksnį. Štai kokia yra efektyvi ir svarbi transpiracijos priemonė ruošiant sapropelines trąšas.

Augalams augant, ir intensyviai nugarinant vandenį, sėsdintuvai nuolat papildomi sapropelio pulpa taip, kad sutankinto sapropelio sluoksnio storis pasiektų 40-60 cm.

Vandens augalais užsodintą sapropelio pulpą, siekiant pagerinti augalų azotinę mitybą, inokuliuoja laisvąjį atmosferos azotą fiksuojančiomis melsvabakterėmis (4 pavyzdyje tas aptariama išsamiau).

Į vandens augalų vegetacijos pabaigą augalų antžeminę, esančią virš sapropelio, biomasę nupjauna. Prieš nuimant derlių sapropelį sutankina – džiovina iki 55 % jo drėgmės. Augalų derliui nuimti pritaiko žemės ūkyje naudojamas šienapjoves. Derlių nuima rugsėjo pradžioje. Augalų biomasę smulkina, tokia yra tinkamesnė komposto gamybai.

Augalų šakniastiebiai, kaip parodė bandymai, išaugina galingas šaknis, kurios išskvarbo sapropelį. Šakniastiebiai su šaknimis taip pat smulkinami sapropelio užimtą plotą su augalų šakniastiebiais bei šaknimis skersai ir išilgai supjaustant lėkštinėmis akėčiomis. Šiam reikalui geriau naudotinos akėčios, turinčios karpytas lėkštes. Sapropelio mišinį su susmulkintų šakniastiebių ir šaknų mase savo ruožtu maišo su vandens augalų antžemine biomase – jų stiebų ir lapų smulkiais kapojais. Tokiu būdu paruošia sapropelio ir augalų biomasės mišinį, tinkamą komposto gamybai. Sapropelio ir vandens augalų biomasės mišiniui gaminti – tinkamai jį permaišyti naudotinas ekskavatorius.

Jeigu vandens augalų biomasės priauginama daugiau nei jos reikia komposto gamybai, ją dera panaudoti kitiems reikalams, pavyzdžiui, paprastosios nendrės stiebai turi paklausą ir naudojami stogams dengti, balinio ajero šakniastiebiai yra brangus produktas ir panaudojamas farmacijos ir kitiems reikalams. Triskiautis lakišius taip pat vaistinis augalas.

Mišinio-substrato drėgmė turi siekti apie 60 %. Jei substrato drėgmė sumažėja iki 30-35 %, organinės medžiagos mineralizacijos procesai pastebimai sulėtėja ir net visai nutrūksta (3 pavyzdys).

Atsižvelgiant į tai, kad nuo kompostuojamų medžiagų krūvos dydžio ir formos priklauso jos fermentacijos procesas, krūva turi būti tokio dydžio ir formos, kad į ją lengvai patektų oras. Krūvos apačioje sudaro drenuojantį sluoksnį krūvos pertekliniam tirpalui-filtratui surinkti. Filtratas, kuriame yra daug biogeninių-mitybinių elementų, panaudojamas krūvos drėkinimui.

Krūvos formavimui tinka bulvių pakrovimo transporteris TŽK-30 ar kita panaši priemonė. Krūva krauna 3 sluoksniais po 50 cm storio kiekvienas sluoksnis. Kiekvieną sluoksnį, jei reikia, drėkina ir inokuliuoja (užkrečia) organines medžiagas skaidančiais mezofiliniais ir termofiliniais mikroorganizmais.

Inokuliatui naudoja geros kokybės kompostą. Jame esti mezofilų *Serratia*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium chrysogenum*, o taip pat termofilų *Bacillus subtilis*, *B. stearothermophilus*, *Humicola lanuginosa*, *Torula thermophila*, *Mortillerea turficola*, *Streptomyces* ir kt. mikroorganizmų asociacijos. Vartoja 2 kg trąšaus substrato-inokulianto vienai tonai komposto.

Komposto krūvą aeruoja (aprūpina deguonimi) ją perkasant, jei reikia- drėkina. Komposto pH – vandenilio jonų koncentracija turi būti 5,5-6,5 (**5-7**). Jei pH siekia 2,5, fosforas iškrinta iš substrato tirpalo, jis sujungiamas į kompleksinius junginius. Kai pH 7-10, fosforas taip pat tampa neprieinamas mikroorganizmams. Fosforas – šis svarbus biogeninis elementas geriausiai prieinamas mikroorganizmams, kai substrato pH siekia 5,5-6,5, tuomet fosforas esti mono- arba di-kalciofosfato pavidalo. Jei substratas esti rūgščios reakcijos – jį kalkina. Naudojamas kalcio karbonatas, kalcio sulfatas bei kitokios kalcio trąšos.

Bandymais nustatyta, kad subrandintas kompostas esti birus, juodo atspalvio. Jis gerai subalansuotas pagal mitybinius elementus (jo anglies (C) ir azoto (N) santykis sudaro: 15:1-30:1). Šis kompostas – organo-mineralinė trąša pagal vandens sorbcijos galias bei biogeninių elementų kiekį gali būti keičiama (reguliuojama), tokiu būdu sukuriant įvairius šios trąšos variantus, labiausiai atitinkančius skirtingų žemės ūkio kultūrų mineralinės mitybos poreikius.

Sapropelio pagrindu pagaminta organo-mineralinė trąša gerina dirvožemio savybes, suaktyvina mikroorganizmų veiklą jame, padidina kultivuojamų augalų derlingumą ir derliaus kokybę. Trąša ypač tinka ekologinei žemdirbystei ir ekologiškai švariai produkcijai gauti.

Išradimas pagrindžiamas tokiais bandymų pavyzdžiais.

1 pavyzdys. Sapropelio derlingumo vertinimas, kai jis panaudojamas su įvairiais organiniais ir mineraliniais priedais.

Bandymą (be kontrolės) sudaro 7 variantai:

1. Sapropelis + durpės (santykiu 1:1, 1:2, 1:3).
2. Sapropelis + dirvožemis (santykiu 1:5, 1:10, 1:15).
3. Sapropelis + ruginiai šiaudai (santykiu 10:1).
4. Sapropelis + NPK mineralinės trąšos (po 40 mg kiekvieno elemento kilogramui sapropelio).
5. Sapropelis + dirvožemis (1:10) + šiaudai (10 % sapropelio kiekio).
6. Sapropelis + dirvožemis (1:10) + šiaudai (10 % sapropelio kiekio) + NPK mineralinės trąšos (po 40 mg kiekvieno elemento kilogramui sapropelio).
7. Sapropelis + dirvožemis (1:10) + durpės (10 % mišinio kiekio) + šiaudai (10 % mišinio kiekio) + NPK mineralinės trąšos (po 40 mg kiekvieno elemento kilogramui sapropelio).

Kontrolė – tik sapropelis.

Substrato (sapropelio su organo-mineraliniais priedais) efektyvumas buvo vertinamas biotestais: naudotos agurkų („Alfa” veislės) sėklos, registruotas substrato poveikis į sėklų dygimą ir dygimo energiją; taip pat panaudotas test-mikroorganizmas *Escherichia coli*, stebėtas substratų ištraukų poveikis į mikroorganizmo augimo dinamiką.

Rezultatai parodė, kad sapropelio produktyvumą – jo efektyvumą NPK trąšos padidina 7 %, NPK + šiaudai – 16 %, NPK + šiaudai + durpės – 20 %. *Escherichia coli* biotestas (šio mikroorganizmo dauginimosi intensyvumo rodiklis) parodė, kad organinių medžiagų (šiaudai, durpės) priedas sapropelyje suaktyvina mikroorganizmų veiklą, dėl to padidėja sapropelio biologinė vertė.

2 pavyzdys. Skirtingos organo-mineralinės sudėties sapropelio produktyvumo vertinimas biotesto pagalba.

Sapropelio bandiniai paimti Kvietkinės ežere (Kalvarijos sav., Marijampolės apskr., Lietuvoje). Ežeras eutrofinis, jo gylis – 2,0-2,5 m. Ryškios vandens augalų-makrofitų juostos. Bandiniai paimti iš seklių vandenų augalų juostos (1), kuriai būdingos viksvos (ypač būdinga *Carex rostrata* (snapuotoji viksva), nendrių ir švendrių juostos (2), kurioje auga *Phragmites australis* (paprastoji nendrė), *Typha latifolia* (plačialapis švendras), *Equisetum fluviatile* (balinis asiūklis) ir kt.; paprastosios lūgnės juosta (3), kurioje auga *Nuphar luteum* (paprastoji lūgnė) ir tos *Potamogeton* (plūdžių) rūšys, kurių lapai plūduriuoja vandens paviršiuje; plačialapių plūdžių juostas (4) sudaro *Potamogeton pralongus* (ilgoji plūdė) ir kiti vandenyje augantys augalai.

Bandiniai paimti iš visų 4 makrofitų juostų: iš 1-osios 1 bandinys (2,0-2,3 m gylyje), iš likusių (2, 3, 4) juostų paimta po 2 dumblo-sapropelio bandinius (iš dumblo paviršiaus – 2,3-2,8 m gylyje ir gilesnio 3,3-3,8 m sluoksnio). Bandiniai įgavo tokią numeraciją (pagal makrofitų juostas): 1; 2-1, 2-2 (gilesnis sluoksnis); 3-1, 3-2; 4-1, 4-2. Centrinėje ežero dalyje (žymima 5), kurioje makrofitai neauga, ir dumblą-sapropelį formuoja žuvę planktoniniai organizmai, paimti 4 bandiniai: 5-1 (paviršinis – 2,9-3,3 m gylyje), likusieji 5-2, 5-3, 5-4 paimti difuziškai 20 m² plote maždaug 4 m gylyje esant 2,5 m storio vandens sluoksniui. Iš viso paimta 11 ežero dumblo-sapropelio bandinių.

Bandinių mitybiniam efektyvumui įvertinti panaudoti kviečių ir rugių grūdų daigumo bei dygimo energijos testai. Išbandyta atskirai sapropelio skystosios ir kietosios frakcijos mitybinė vertė. Grūdų dygimo energija buvo nustatoma į 3-iają parą, daigumas 7-ąją parą. Visi bandiniai (skystoji ir kietoji frakcijos) rodė teigiamą poveikį į grūdų dygimo energiją bei daigumą, tačiau išryškėjo ir želmenų biomasės skirtumai, pvz., palyginę 3-1 ir 3-2 želmenų biomasę matome, kad 3-2 želmenys keliais procentais pranoksta 3-1 želmenų biomasę. Dar ryškesnį želmenų biomasių skirtumą matome, kai palyginame 2-1 ir 5-4 bandinių biomases. Bandinio 5-4 želmenys jau ne keliais, o keliolika procentų pranoksta 2-1 bandinio želmenis.

Priežastingumo ryšių tarp želmenų biomasės dydžio ir substrato mitybinių galių paieškos mus privertė nustatyti procentinį santykį tarp bandinio organinės ir mineralinės sudėties. Bandinius pateikiame 1 lentelėje. Stotyse (2, 3, 4), kuriose sapropelio bandiniai buvo paimti vertikalia tvarka toje pačioje vietoje, sapropelio paviršiniame sluoksnyje (2-1, 3-1, 4-1) daugiau rasta organinės medžiagos. Stochių gilesniuose sapropelio sluoksniuose gausiau randama mineralinių junginių. Tas ir suprantama, nes giliau esančią medžiagą ilgesnį laiką skaido mikroorganizmai, pagamindami didesnę kiekį mineralinių junginių. Naudojome augalinius test-organizmus, o jų mitybai yra prieinami mineraliniai junginiai. Remiantis lentelėje pateiktais duomenimis, paaiškėja, kodėl gausesnė fitomasa 3-2 bei 5-4 bandiniuose palyginti su 3-1 ir 2-1 bandiniais. Bandiniuose 3-2 ir 5-4 yra daugiau augalams reikalingų mineralinių junginių.

1 lentelė

Bandinio Nr.	Pradinis bandinio svoris, g	Svoris po 12 val. 90 °C	Svoris po 16 val. 90 °C	Drėgmė, %	Deginta prie 200 °C 4 val.	Deginta prie 300 °C 3 val.	Deginta prie 400 °C 2 val.	Bandinio organinės dalies %	Bandinio mineralinės dalies %
1	50,00	5,65	5,57	88,86	5,13		2,94	47,22	52,78
2-1	50,00	7,23	7,09	85,82	6,41		3,02	57,40	42,60
2-2	50,00	4,60	4,53	90,94	4,33		2,43	46,36	53,64
3-1	50,00	4,57	4,52	90,96	4,32		2,24	50,44	49,56
3-2	50,00	4,12	4,09	91,82	4,03		2,22	45,72	54,28
4-1	50,00	3,93	3,87	92,26	3,84		1,97	49,10	50,90
4-2	50,00	4,01	3,97	92,06		2,20	2,06	48,11	51,89
5-1	50,00	4,97	4,94	90,12		3,08	2,77	43,93	56,07
5-2	50,00	3,42	3,40	93,20		1,79	1,70	50,00	50,00

5-3	50,00	3,04	3,03	93,94		1,42	1,40	53,80	46,20
5-4	50,00	4,13	4,09	91,82		2,20	2,13	47,92	52,08

3 pavyzdys. Sapropelio organinės dalies mineralizacijos procesų intensyvumas priklausomai nuo drėgmės.

Iš turimų bandinių, kurie buvo užsėti rugiais ir jų želmenys įterpti į substratą, sudaryti 2 bandymo variantai (2 lentelė):

1 variantas – 1 ir 2-2 bandiniai sumaišomi lygiomis dalimis;

2 variantas – lygiomis dalimis sumaišomi 3-2, 4-1 ir 4-2 bandiniai. Šiuose mišiniuose – variantuose subalansuotas ir tarpusavyje suvienodintas organinės/mineralinės dalies santykis. Bandymas atliktas skirtingo drėgmės režimo sąlygomis. Parodyta, kad kai sapropelyje drėgmė sumažėja iki 37 %, jo organinės medžiagos mineralizacijos procesai smarkiai sulėtėja – mineralinė dalis sudaro tik 31 %. Normalios drėgmės režimo sąlygomis mineralizacija, kurią vykdo mikroorganizmai, yra intensyvesnė daugiau kaip 2 kartus palyginti su nusausėjusiu sapropeliu.

2 lentelė

Ban- di- nio Nr.	Pradinis bandin- io svoris, g	Svoris po 12 val. 95-100 °C	Svoris po 16 val. 95-100 °C	Drėg- mė, %	Deginta prie 200 °C 4 val.	Deginta prie 400 °C 4 val.	Deginta prie 450 °C 2 val.	Bandinio organinės dalies %	Bandinio minerali- nės dalies %
1 2-2	50,00	25,52	25,49	49,02	20,38	19,33	19,10	25,07	74,93
3-2 4-1 4-2	50,00	31,48	31,41	37,18	10,67	9,85	9,78	68,86	31,14

4 pavyzdys. Sapropelio pulpos, kuri užsodinta vandens augalais, inokuliavimas melsvabakterėmis.

Sapropelyje azoto kiekis nėra didelis. Minimali jo riba 0,2 %. Sapropelyje, kuris naudojamas trąšai, azoto kiekis turi būti ne mažesnis kaip 1,5 % (remiamasi santykiu su kitais biogeniniais elementais, o N:P:K santykis yra 100:7-10:1).

Azoto kiekiu sapropelyje padidinti naudojome visiškai naujas priemones. Į vandeningą sapropelio pulpą, apsodintą vandens augalais, inokuliuojame melsvabakterių asociaciją, kuri fiksuoja molekulinį atmosferos azotą. Jų fiksavimo geba – nuo keliolikos iki kelių dešimčių ir daugiau kg azoto vieno ha plotui. Asociaciją sudaro *Anabaena* (*A. hassalii*, *A. flos-aquae*, *A.*

lemermanii, *A. planctonica*, *A. scheremetievi*, *A. spiroides*, *A. vigueri*) ir *Nostoc* (*N. linckia*, *N. verrucosum*) melsvabakterės.

Melsvabakterių šaltinis – eutrofizuoti vandens telkiniai. Šios melsvabakterės sukelia vandens “žydėjimą”. Jos vystosi vandens paviršiuje. Surenkamos inokuliui gaminti siurblio pagalba. Po to iš inokulianto pašalinamas vanduo jį centrifuguojant ar filtruojant. Dar paprasčiau inokuliavimui melsvabakterių medžiaga renkama naudojant planktoninį tinklą. Jo akutės yra tokio dydžio, kad melsvabakterių biomasė sulaikoma, o vanduo nufiltruojamas.

Kai surinktos biomasės inokuliavimui nepakanka, ji pagausinama. Šiam reikalui gaminamas tokios sudėties mitybinis tirpalas (g/l vandens): K_2HPO_4 – 0,2; $MgSO_4 \times 7 H_2O$ – 0,2; $CaCl_2 \times 2 H_2O$ – 0,116; $NaHCO_3$ – 0,2; $FeCl_3$ – 0,008, o taip pat mikroelementų mišinys (šį mišinį sudaro mg/l: $MgSO_4 \times 4 H_2O$ – 0,3; Na_2MoO_4 – 0,06; H_3BO_3 – 0,4; $ZnSO_4 \times 7 H_2O$ – 0,2; $CuSO_4 \times 5 H_2O$ – 0,1).

Tirpalo pH – 6-8. Tirpalu – mitybine terpe užpildomi stiklo akvariumai. Terpė inokuliuojama melsvabakterėmis. Auginimo temperatūra 20-30 °C, geriausia – 25 °C. Apšvietimas – natūralus, dienos, arba dirbtinis. Terpė kas 5-7 paros tręšiama nurodytomis mitybinėmis medžiagomis – ingredientais. Kai melsvabakterijų priauginama pakankamai, jos filtravimu atskiriamos nuo vandens. Surinkta melsvabakterijų biomasė nedelsiant tolygiai paskleidžiama sapropelio pulpos su kultivuojamais vandens augalais talpyklose – sėsdintuvuose.

Siūlomas būdas nereikalauja dideliu darbo sąnaudų, ilgalaikio sapropelio apdorojimo jį šaldant visą žiemos laikotarpį, brangių medžiagų jo apdorojimui, o minėto sapropelio hidromasės nuvandeninimui ir jo struktūros gerinimui naudoja biologinę priemonę – vandens augalus-makrofitus, kurie plačiai paplitę Lietuvoje, ir šiuo būdu gautas gėlavandenių telkinių pagerintos kokybės sapropelis yra puri, pigi, kokybiška ir efektyvi organo-mineralinė trąša, ypač tinkama ekologiškai žemdirbystei ir ekologiškai švariai produkcijai gauti.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Būdas gėlavandenių telkinių sapropelio kokybei gerinti, apimantis sapropelio pulpos patalpinimą į sėdintuvą, vandens augalų-makrofitų įveisimą ir auginimą sapropelio pulpoje, besiskiriantis tuo, kad sėdintuvus sapropelio pulpa užpildo tokio storio sluoksniu, kad jis tiktų makrofitams iššaknyti, į sapropelio pulpą pasodinus vandens augalus inokuliuoja azotą fiksuojančių melsvabakterių asociacija, o į vandens augalų vegetacijos periodo pabaigą minėtus augalus susmulkina, susmulkintų vandens augalų biomasę sumaišo su sutankintos drėgmės sapropeliu, gautą minėtos biomasės ir sapropelio mišinį-substratą perkelia į kompostavimo aikštelę, suformuoja komposto krūvą, kurioje gamina sapropelio kompostą aktyviuoju aerobiniu būdu.
2. Būdas pagal 1 punktus, besiskiriantis tuo, kad sėdintuvus užpildo sapropelio pulpos sluoksniu, kurio storis 35-45 cm, drėgnis siekia 90-93 %, sėdintuvuose sapropelį sutankina per 3-5 paras leidžiant suspenduotoms sapropelio hidromasės dalelėms nusėsti, po to į gautą augalams iššaknyti tinkamą sapropelį sodina vandens augalus-makrofitus.
3. Būdas pagal 1 ir 2 punktą, besiskiriantis tuo, kad į sapropelio pulpą įveisia vandens augalus-makrofitus, kurie mažina kieto kūno sandarą turinčių koloidinių tirpalų poveikį.
4. Būdas pagal 3 punktą, besiskiriantis tuo, kad kieto kūno sandarą turinčių koloidinių tirpalų poveikiui mažinti naudoja vandens augalus-makrofitus *Phragmites australis* (paprastąją nendrę), *Typha latifolia* (plačialapį švendrą), *Acorus calamus* (balinį ajerą) ir *Bidens tripartitus* (triskiautį lakišiu).
5. Būdas pagal 2 punktą, besiskiriantis tuo, kad į sapropelio pulpą jos nuvandeninimui vandens augalus sodina šakniastiebiais, kurių kiekvieno sodmens masė siekia 1,5-2,0 kg, minėtus sodmenis sodina augalų vegetacijos periodo pradžioje (balandžio pabaiga – gegužės pradžia), o jų sodina tiek, kad kiekvienam m² tektų ne mažiau kaip 4 sodmenys.
6. Būdas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad sėdintuvų sapropelio pulpą, pasodinus vandens augalus, inokuliuoja azotą fiksuojančių melsvabakterių asociacija, kurią sudaro

Anabaena (*A. hassalii*, *A. flos-aquae*, *A. lemermanii*, *A. planctonica*, *A. scheremetievi*, *A. spiroides*, *A. vigueri*) ir *Nostoc* (*N. linckia*, *N. verrucosum*) rūšys.

7. Būdas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad į vandens augalų vegetacijos pabaigą (rugsėjo pradžioje) jų biomasę susmulkina ir sumaišo su sutankintu iki 50-60 % drėgmės sapropeliu, mišinį-substratą perkelia į kompostavimo aikštelę, kurioje formuoja komposto krūvą ir joje gamina kompostą aktyvuoju aerobiniu būdu.

8. Būdas pagal 1 ir 7 punktus, besiskiriantis tuo, kad komposto gaminimui aktyvuoju aerobiniu būdu į formuojamą komposto krūvą inokuliuoja organines medžiagas skaidančių mezofilinių ir termofilinių mikroorganizmų užkratu-inokuliatu.

9. Būdas pagal 8 punktą, besiskiriantis tuo, kad į formuojamą komposto krūvą mezofilinių ir termofilinių mikroorganizmų užkrato-inokulianto įterpia santykiu maždaug 2 kg trąšaus substrato vienai tonai komposto.