

Dirvotyra ir agrochemija

Soil Science and Agrochemistry

Почвоведение и агрохимия

Ilgučio ežero sapropelio panaudojimas dirvožemiui gerinti

Eugenija Bakšienė

*Lietuvos žemdirbystės instituto
Vokės filialas, Žalioji a. 2, Trakų Vokė,
LT-02232 Vilnius
El. paštas: eugenija.baksiene@voke.lzi.lt;*

Antanas Ciūnys

*Lietuvos žemės ūkio universitetas,
Vandentvarkos katedra,
Universiteto 10, Akademija.,
LT-53361 Kauno rajonas
El. paštas: ciunys.antas@hidro.lzuu.lt*

Uždumblėjusiuose Lietuvos ežeruose susikaupę apie 1,5 mlrd. m³ sapropelio. Sapropelis – vertinga biogeninė organinė ar kalkinė medžiaga, gali būti plačiai naudojama dirvoms tręšti ir pagerinti. Ežerai, kasant iš jų sapropelį, būtų išvalomi ir pagilunami, atstatoma jų būklė, funkcinė paskirtis. Žemsiurbe MZ-8 buvo kasamas sapropelis iš Ilgučio ežero. Sapropelis sėsdintuvuose buvo džiovinamas, po to išvežamas į laukus ir įterpiamas į dirvą. Nustatyta, kad 150, 200 t ha⁻¹ sapropelio trečiosios sėjomainos produktyvumą didino kaip ir mėšlas. Be to, po trijų sėjomainos rotacijų sapropelio veikimas išliko teigiamas. Dirvožemio agrocheminės savybės kas rotaciją prastėjo, tačiau nepasiekė rodiklių, buvusių prieš įrengiant bandymus.

Raktažodžiai: žemsiurbė, sapropelis, transportavimas, dirvožemis, cheminė sudėtis, derlius

IVADAS

Lietuvoje poledynmečiu susiformavo daug ežerų. Didesnių nei 0,5 ha priskaičiuojama 2850, dar 3350 mažesnių nei 0,5 ha ežeriukų. Bendras ežerų plotas siekia 91368 ha [10]. Nors ežerų yra nemažai, tačiau Lietuvoje daug eutrofinių, uždumblėjusių, nykstančių ežerų.

Ežerų uždumblėjimo ir nykimo pagrindinė priežastis – tai gruntinio vandens lygio pažemėjimas ir vandens gylio ežeruose sumažėjimas, taip pat antropogeninė tarša ir jos pasekmė – antrinė tarša [1, 2, 6]. Antrinė tarša pasireiškia kaip mirštančios vandens augalijos, lapų nuo pakrančių medžių degradacijos pasekmė. Kaupiantis nuoguloms, mažėja vandens gylis, didėja ežero užaugimas vandens augalija, blogėja vandens kokybė. Dėl deguonies trūkumo vandenyje ežeruose nyksta žuvis, kita gyvūnija. Ežerai tampa netinkami rekreaciniui ir gamtinių požiūriais.

Uždumblėjusiuose, pelkėjančiuose ežeruose susikaupęs sapropelis – biogeninės kilmės organinės nuogulos, kurios ežere formavosi tūkstantmečius. Lietuvos žemės ūkio universiteto Vandentvarkos katedros mokslininkų apskaičiavimais, vien uždumblėjusiuose ežeruose susikaupę apie 1,5 mlrd. m³ sapropelio [4]. Nykstantys ežerai gali

būti valomi ir atgaivinami iškasant susikaupusias nuogulas ir tokiu būdu padidinant juose vandens gylį.

Iškastas iš ežero sapropelis gali būti panaudotas kaip pašarų priedas gyvuliams ir paukščiams, statybinių medžiagų pramonėje, gydymo tikslams, o svarbiausia kaip trąša ekologiškai žemdirbystei ir priemonė menkaverčių žemių pagerinimui [5, 10].

Bandymai, atlikti Rusijoje ir Baltarusijoje, parodė, kad didesni sapropelio kiekiai, įterpti į mažai produktyvius dirvožemius, veikia labiau kaip meliorantas ir iš pagrindų pagerina dirvožemių agrochemines ir fizikines savybes. Karbonatinis sapropelis savo veikimu prilygo kalkinėms trąšoms ir dolomitmilčiams, o kai kuriais atvejais buvo pranašesnis, nes praturtino dirvožemius augalams reikalingomis maisto medžiagomis [3, 7, 13, 14, 15].

Sapropelis dirvožemyje nesuyra taip greitai, kaip kitos organinės trąšos. Todėl tampa ilgalaikė dirvožemio agronominių savybių pagerinimo priemonė. Labai svarbu yra tai, kad su sapropeliu į dirvožemį patenka daug humino rūgščių – stabilios organinės medžiagos, nulemiančios dirvožemio derlingumą. Pagal O. Chochlovos tyrimus, tai priklauso nuo bituminės frakcijos kiekio jame, nes bitumas ilgai išsaugoja lengvai hidrolizuojamą azotą [16].

Rytinėje ir pietrytinėje šalies dalyje yra daugiausia ežerų, išsidėsčiusių teritorijoje kas 6–8 km. šiuo metu esant brangiam transportui, valant ežerus ekonomiškai apsimokėtų sapropelį vežti iki 10–15 km atstumu. Todėl Lietuvoje yra visos galimybės valyti ežerus bei sapropeliu tręšti ir pagerinti dirvas.

Tyrimų objektas ir tikslai. Ilgučio ežero sapropelis naudotas Lietuvos žemdirbystės instituto Vokės filialo ūkio laukų tręsimui ir pagerinimui, kompostų, biopreparatų, statybinių gaminių gamybai. Tyrimų objektas – sapropelio gavyba iš Ilgučio ežero. Tyrimų tikslas: išbandyti Ilgučio ežero sapropelio gavybą žemsiurbe MZ-8, nustatyti jo paruošimo trąšai būdus ir įvertinti ilgalaikį sapropelio kaip trąšos efektyvumą. Tyrimo uždaviniai buvo šie:

- nustatyti žemsiurbės MZ-8 našumą ir sapropelio transportavimo iki sėsdintuvų atstumą;
- nustatyti sapropelio paruošimo trąšai ir įterpimo į dirvą būdus;
- įvertinti sapropelio cheminę sudėtį ir jo kaip trąšos vertingumą;
- nustatyti sapropelio trąšos ilgalaikį efektingumą dirvai;
- nustatyti sapropelio trąšos efektyvumą sėjomainos produktyvumui.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Tyrimo tikslui ir uždaviniams spręsti buvo atliekami sapropelio gavybos bandymai Ilgučio ežere (plotas 79 ha, sapropelio sluoksnio storis 7,0–8,5 m, bendras kiekis apie 4,5 mln. m³ žemsiurbe MZ-8 (našumas 1400 m³val.⁻¹ pulpos, išvystomas slėgis 28 m vandens stulpo). Kasant sapropelį žemsiurbe naudotas frezinis purentuvas, kurio skersmuo 70 cm. Buvo valomi Ilgučio ežero uždumblėję pakraščiai (200–300 m pločio) iki 3,5–4,0 m gylio. Ežere slūgso kalkinis sapropelis (kalcio karbonato kiekis paviršiniame 1,5–2,0 m storio sluoksnyje – 28–35%, 3,0–5,0 m – 42–58%, organinių medžiagų kiekis atitinkamai 52–43% ir 30–17%). Kasdama sapropelį, žemsiurbė nuolat judėjo gervių, esančių jos priekinėje dalyje, dėka aplink nuleistą į dugną vieną iš dviejų polių, esančių jos galinėje dalyje. Sapropelis kasvietėje buvo supurenamas freziniu purentuvu, siurbiamas per čiuulpvamzdį siurbliu ir pulpos pavidalu transportuojamas 300 mm skersmens vamzdžiais ant kranto. Sapropelis buvo pilamas į sėsdintuvus, kurių matmenys: trys sėsdintuvai 50 × 120 m, penki – 40 × 80 m. Pulpos transportavimo atstumas siekė nuo 460 (į pirmus 3 sėsdintuvus) iki 780 m. Aukštis tarp ežero vandens lygio ir sėsdintuvų – 8,1 m. Sapropelio sluoksnio storis sėsdintuvuose buvo nuo 0,2 (sėsdintuvo gale, kur išleidžiamas nuskaidrėjęs vanduo) iki 1,5 m (sėsdintuvo pradžioje, kur pilama pulpa). Jo drėgnis nustatinėtas sluoksnio paviršiuje, viduryje ir prie sėsdintuvo dugno. Sapropelio pulpos konsistencija nustatinėta imant pulpos pavyzdžius kas 5 min. ne trumpiau kaip 3 val. į bendrą talpą (kibirą). Po to, kibire išmaišius pulpą, paimamas pulpos 50 cm³ ėminys. Sapropelio ėminiai iš-

džiovinami džiovintuvo spintoje 105°C temperatūroje, apskaičiuojama pulpos konsistencija ir sapropelio drėgnis. Pulpos transportavimo atstumas buvo vertinamas nustatant pulpos debitą pulpovamzdžio gale. Pulpos debitas Q nustatinėtas matuojant ištekancio iš horizontalaus vamzdžio, kurio skersmuo D , pulpos srauto kritimo atstumą L ir aukštį H pagal formulę [11]:

$$Q = 28202D^2V_o \text{ m}^3 \text{ val.}^{-1}, \quad (1)$$

$$V_o = 2,22 \frac{L}{\sqrt{H}} \text{ m s}^{-1}. \quad (2)$$

Žiemą sapropelis sėsdintuve buvo peršaldomas. Nustatomi šviežio ir peršalusio sapropelio tankis, drėgnis, lipnumas.

Sapropelio panaudojimo bandymai buvo atliekami ant laukų, esančių netoli Ilgučio ežero.

Lauko bandymai, kuriuose buvo tiriama karbonatinio sapropelio įvairių normų įtaka priesmėlio paprastojo išplautžemio (*Haplic Luvisols*) agrocheminėms savybėms ir humuso kokybinei sudėčiai bei sapropelio efektyvumas trijose sėjomainos rotacijose auginamų augalų derlingumui bei derliaus kokybei, atlikti 1984–2002 m. Lietuvos žemdirbystės instituto Vokės filiale.

Du bandymai buvo įrengti paprastojo išplautžemio (*Haplic Luvisols*) neutraloko (pH 6,1) priesmėlio ant žvyro dirvožemyje pamečiui 1984 ir 1985 metais. Dirvožemyje buvo nustatyta: judriųjų fosforo – 230–262 ir kalio – 159–194 mg kg⁻¹ dirvožemio, 1,82–1,90% humuso.

Lauko sėjomainoje: kukurūzai (*Zea mays* L.), miežiai (*Hordeum* L.) + įsėlis, dobilai (*Trifolium pratense* L.), žieminiai rugiai (*Secale cereale*), bulvės (*Solanum tuberosum* L.), avižos (*Avena sativa* L.) buvo tiriamas karbonatinis sapropelis iš Ilgučio ežero (Vilniaus r.). Prieš naudojant, sapropelis buvo apdžiovinamas prie ežero įrengtuose sėsdintuvuose iki 80–85% drėgnumo. Laukeliuose paskleistas pagal bandymo schemą: 1) Kontrolė (be organinių ir mineralinių trąšų); 2) NPK – fonas (F); 3) Fonas + 50 t ha⁻¹ sauso sapropelio (S); 4) Fonas + 100 t ha⁻¹ sauso sapropelio (S); 5) Fonas + 150 t ha⁻¹ sauso sapropelio (S); 6) Fonas + 200 t ha⁻¹ sauso sapropelio (S); 7) Fonas + 100 t ha⁻¹ mėšlo (M).

Variantas su mėšlu buvo skirtas sapropelio ir mėšlo veikimui palyginti. Sapropelio ir mėšlo cheminė charakteristika pateikta 1 lentelėje:

Sapropeliu ir mėšlu dirvožemis buvo patręštas pradėjus bandymus, prieš kukurūzų sėją. Pasibaigus pirmam, antram ir trečiam sėjomainos rotacijoms, atnaujintas tik patręšimo mėšlu variantas. Sėjomainos antroje ir trečioje rotacijose stebimas tolesnis sapropelio poveikis augalų derėjimui ir dirvožemio agrocheminėms savybėms. Lietuvoje rekomenduotų optimalių normų mineralinės NPK trąšos buvo beriamos kasmet prieš augalų sėją. Mineralinių trąšų normos: kukurūzams – N₁₂₀P₆₀K₁₂₀, miežiams su dobilų įsėliu – N₃₀P₆₀K₆₀, dobilams – P₆₀K₆₀, rugiams ir avižoms – N₆₀P₆₀K₆₀, bulvėms – N₉₀P₆₀K₁₂₀.

Bandymai pakartoti keturis kartus. Laukelio bendras plotas – 80 m², apskaitomojo – 40 m². Variantai išdėstyti vienoje eilėje rendomizuotai.

1 lentelė. Sapropelio ir mėšlo cheminė charakteristika

Table 1. Chemical characteristics of sapropel and manure

Tiriama medžiaga <i>Research material</i>	% sausoje medžiagoje <i>% in dry matter</i>					
	N	P	K	Ca	Mg	Organinė medžiaga <i>Organic matter</i>
Sapropelis <i>Sapropel</i>	1,20	0,041	0,005	13,20	7,89	30,00
Mėšlas <i>Manure</i>	2,10	0,33	1,63	1,26	0,61	62,82

Pasibaigus pirmai, antrai ir trečiai sėjomainos rotacijoms, iš dirvožemio ariamojo sluoksnio (0–22 cm) buvo paimti mėginiai. Juose nustatoma $pH_{(KCl)}$ – potenciometriiniu, hidrolizinis rūgštumas (H) – Kappeno, sorbuotų bazių suma (S) – Kappeno–Hilkovico, judrieji fosforas (P_2O_5) ir kalis (K_2O) – A–L, bendrasis azotas (N) – Kjeldalio, humuso kiekis – Tiurino metodais.

Derlius į pašarinius vienetus buvo perskaičiuotas pagal T. Tamulio duomenis [6].

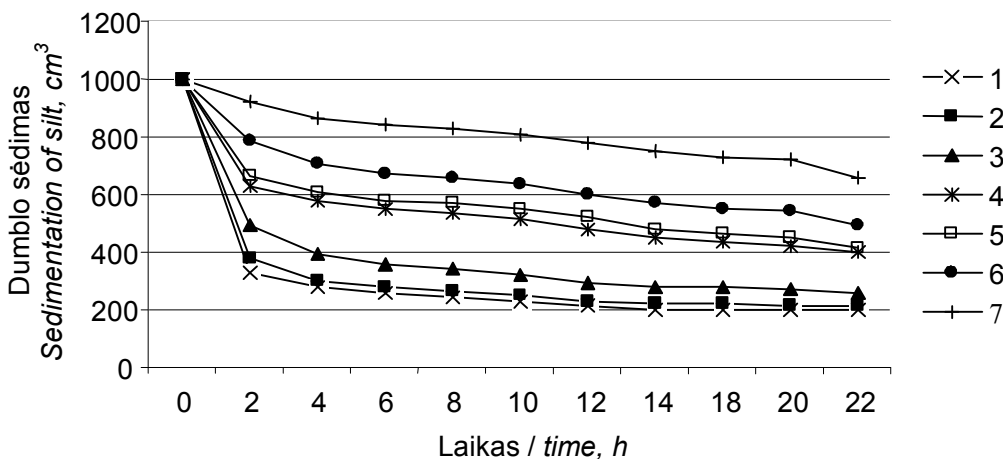
Visų žemės ūkio augalų metiniai derliaus duomenys, taip pat sėjomainos produktyvumo ir dirvožemio agrocheminių savybių duomenų analizė atlikta kompiuterine programa ANOVA [7].

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Kasvietės plotis ežere siurbiant sapropelį siekė 24–26 m (pagal technines galimybes – 30 m). Žemsiurbei judant nuo vieno kasvietės krašto prie kito, frezinis purentuvus buvo įgilintas 60 cm (paviršiniuose sluoksniuose), iki 40 cm (gilesniuose sluoksniuose). Paviršiniame sluoksnyje sapropelio tankis buvo nedidelis, 1,04–1,06 t m⁻³, gilesniuose (3,0–4,0 m) kur kas didesnis – 1,08–1,12 t m⁻³. Dėl to, taip pat dėl technologinių priežasčių (kraštinėje padė-

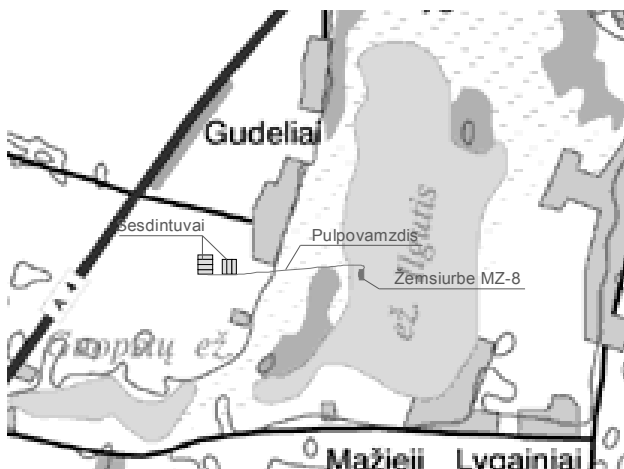
tyje keičiant žemsiurbės judėjimo kryptį ir įgilinant čiulpvamzdį, siurbiamas vien vanduo) sapropelio pulpos konsistencija buvo palyginus nedidelė ir siekė 0,8–2,7% (siurbiant paviršinius sluoksnius – didesnė, gilesnius ir tankesnius – mažesnė).

Labai svarbu, kad sapropelio pulpa sėdintuve kuo greičiau nuskaidrėtų ir būtų galima vandenį iš sėdintuvo išleisti. 1 paveiksle parodyti sapropelio sėdimo duomenys priklausomai nuo pulpos konsistencijos. Kaip matyti grafikuose, kuo pulpos konsistencija mažesnė, tuo greičiau nuskaidrėja vanduo ir susiformuoja sapropelio dalelių sluoksnis. Esant pulpos konsistencijai iki 2,7%, jau po 2 valandų sapropelio dalelės nusėda (1 pav.). Esant didesnei konsistencijai, dalelių sėdimas gerokai lėtesnis, o kai konsistencija artima ir didesnė kaip 3,5%, sapropelio dalelių sėdimas ir vandens skaidrėjimas tęsiasi ilgiau kaip parą (6, 7 kreivės). Pagal gamybinėmis sąlygomis gautą vidutinę konsistenciją, sapropelio pulpa sėdintuve nuskaidrėja jau pirmomis valandomis. Sapropelis pirmame sėdintuve nusėdo nevienodai: prie išpylimo susidarė didžiausias, 1,56 m storio, sluoksnis, o sėdintuvo gale už 120 m – tik 0,24 m. Sapropelio paviršiaus vidutinis nuolydis sėdintuve buvo 0,0108, o prie pulpos išleidimo – 0,064.



1 pav. Ilgučio ežero sapropelio dalelių sėdimas. Pulpos konsistencija: 1 – 1,2%, 2 – 1,9%, 3 – 2,7%, 4 – 3,4%, 5 – 3,6%, 6 – 3,8%, 7 – 4,7%

Fig. 1. Sedimentation of sapropel fractions of Lake Ilgutis. Consistency of pulp: 1 – 1.2%, 2 – 1.9%, 3 – 2.7%, 4 – 3.4%, 5 – 3.6%, 6 – 3.8%, 7 – 4.7%



2 pav. Sapropelio gavybos iš Ilgučio ežero schema
Fig. 2. Scheme of extraction of sapropel from Lake Ilgūtis

Sapropelio pulpos debitas, esant transportavimo atstumui 460 m, siekė $835 \text{ m}^3 \text{ val.}^{-1}$, o 780 m – $490 \text{ m}^3 \text{ val.}^{-1}$, t. y. tik 33% techninio rodiklio. Taigi matyti, kad žemsiurbių MZ-8 našumas labai priklauso nuo pulpos transportavimo atstumo ir geometrinio peraukštėjimo tarp ežero vandens paviršiaus ir žemės paviršiaus aukščiausio taško vamzdžio trasoje. Sapropelio gavybos ir Ilgučio ežero valymo schema parodyta 2 paveiksle.

Prieš užšalant sapropelio drėgnis paviršiuje (paviršius sudžiūvęs, sutrūkinėjęs) buvo 34–41, sluoksnio viduryje – 56–62, prie dugno – 64–77%. Šviežio sapropelio tankis buvo: sudžiūvusio – 1,48–1,52, drėgno – 1,29–1,36 t m^{-3} . Sapropelis lipniausias – esant 61–65% drėgniui. Sapropelio išalimo gylis siekė 0,28–0,36 m priklausomai nuo sniego dangos storio (sniego dangos storis 0,26–0,17 m). Pavasarį atšalusio peršalusio orasausio sapropelio tankis siekė 0,69 t m^{-3} . Jis buvo purus, birus, bekvapis. Peršalęs sapropelis lipniausias – esant 52–54% drėgniui.

Pavasariį viena dalis sapropelio sėsdintuve buvo sustumdyta į krūvas buldozeriu, kraunama į savivartes mašinas ir išvežama ant laukų, kita dalis – iš karto pakrovėju semiama ir kraunama į savivartes mašinas. Stumdant ir semiant sapropelį sėsdintuve neišvengiamai pagriebiamas iš pagrindo mineralinis gruntas. Nustatyta, kad kraunant pakrovėju sapropelis kur kas mažiau buvo užterštas mineraliniu gruntu, negu buldozeriu stumdant sapropelį į krūvas. Mineralinis gruntas pagriebiamas buldozeriu, taip pat traktoriaus vikšrais. Grunto kiekis sapropelyje siekė vidutiniškai 7%. Semiant ir pakraunant pakrovėju grunto buvo tik 1,2%. Ant laukų išvežtas sapropelis buvo skleidžiamas buldozeriais (daugiau nei 200 t ha^{-1} sapropelio) ir mėšlo kratytuvais (sapropelio norma mažesnė).

Tręšiant sapropeliu nustatyta tiesioginė įtaka dirvožemio agrocheminėms savybėms.

Po pirmosios sėjomainos rotacijos dėl visų karbonatinio sapropelio normų sumažėjo dirvožemio rūgštumas (2 lentelė). Ariamojo sluoksnio pH pakito nuo 6,0 iki 7,0–7,3. Po antrosios ir trečiosios sėjomainos rotacijų dirvožemio reakcija nepakito, pH liko 7,1–7,4. Tuo tarpu kontrolėje pH buvo 6,6, o variante su mėšlu – pH 6,3 (2

lentelė). Palyginus su pirmąja sėjomainos rotacija, po antrosios – sorbuotų bazių suma sapropeliu patręštame dirvožemyje sumažėjo $24\text{--}99 \text{ m-ekv kg}^{-1}$ dirvožemio, tačiau ir po 12-os, ir po 18-os sėjomainos metų išliko pakankamai didelė (kontrolėje – atitinkamai 124 ir 120, variantuose su sapropeliu – $196\text{--}371$, $170\text{--}248$ ir variante su mėšlu – 126 ir 97 m-ekv kg^{-1} dirvožemio). Nors sapropelis buvo neurtingas organinių medžiagų, bet gausiai patręšus (didelės jo normos) į dirvožemį šių medžiagų įterpta gana daug. Todėl po pirmosios sėjomainos rotacijos dirvožemyje pagausėjo 0,56–1,19 procentinio vieneto (proc. vnt.) humuso ir 0,003–0,036 proc. vnt. bendrojo azoto. Šie rodikliai nuosekliai didėjo, didinant sapropelio normas. Po 12-os sėjomainos metų bendrojo azoto kiek daugiau nustatyta 50 ir 100 t ha^{-1} sapropelio patręštame dirvožemyje, tačiau šie rodikliai buvo paklaidos ribose. Dirvožemyje, patręštame 150 ir 200 t ha^{-1} sapropelio, bendrojo azoto kiekis kiek ryškiau sumažėjo. Po trečiosios sėjomainos rotacijos bendrojo azoto kiekiai taip pat šiek tiek sumažėjo, tačiau nepasiekė pirminio lygio, t. y. bendrojo azoto duomenų prieš įrengiant bandymus. Mėšlu patręstas dirvožemis praturtėjo bendrojo azoto po visų trijų rotacijų.

Humuso kiekis ir po antrosios, ir po trečiosios sėjomainos rotacijų, palyginus su rodikliais po pirmosios sėjomainos rotacijos, visuose variantuose, kuriuose pavartotas sapropelis ir mėšlas, sumažėjo atitinkamai $0,26\text{--}0,89$ ir $0,25\text{--}0,54$ proc. vnt. Bendrojo azoto ir humuso rodiklių pokyčiai rodo, kad sapropelio mineralizacija yra lėta ir dar gali užsitęsti kelerius metus.

Po pirmosios sėjomainos rotacijos, atlikus judriojo fosforo analizes, paaiškėjo, kad patręšus sapropeliu fosforo kiekis dirvožemyje padidėjo nuo 230 iki 320 mg kg^{-1} dirvožemio. Tačiau po antrosios sėjomainos rotacijos fosforo kiekis sumažėjo $33\text{--}56 \text{ mg kg}^{-1}$ dirvožemio, o po trečiosios (sapropelio normos 150 ir 200 t ha^{-1}) – padidėjo $88\text{--}99 \text{ mg kg}^{-1}$ dirvožemio.

Dėl kalio stokos sapropelyje daugiausia šio maisto elemento į dirvožemį pateko su mineralinėmis trąšomis. Todėl natūralu, kad po šešių sėjomainos metų kalio kiekis dirvožemyje sumažėjo $7\text{--}43 \text{ mg kg}^{-1}$ dirvožemio. Kalio daugiau aptikta (nuo 172 iki 184 mg kg^{-1} dirvožemio) 7-ame variante, kuriame dirvožemis kiekvieną sėjomainos rotaciją buvo patręstas mėšlu mineralinių trąšų fone. Po antrosios ir trečiosios sėjomainos rotaciją kalio dirvožemyje pagausėjo visuose tręšimo variantuose. Antroje ir trečioje sėjomainos rotacijose išaugintas derlius buvo gerokai mažesnis nei pirmoje ir antroje rotacijose (3 pav.), augalai per mažai pasinaudojo fosforo ir kalio ištekiais, todėl daugiau šių elementų pasiliko dirvožemyje.

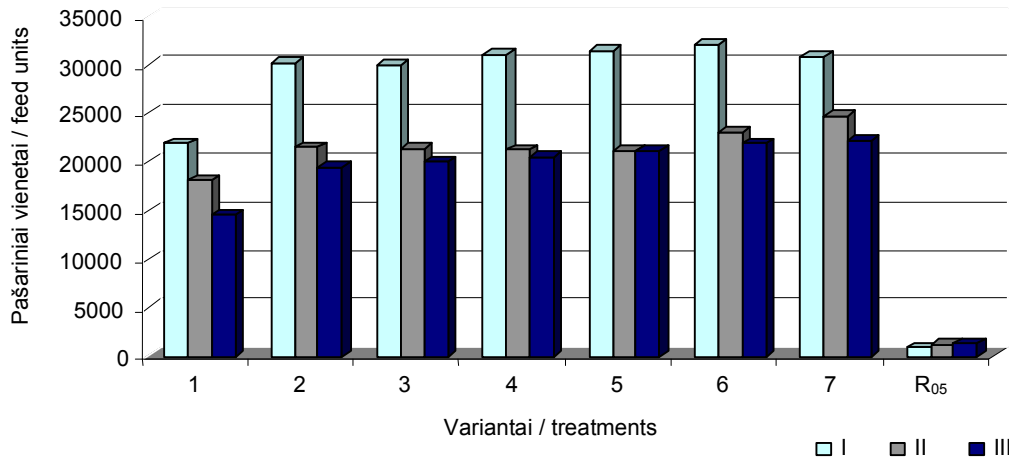
Karbonatinis sapropelis, įvairiai patręšus juo dirvožemį, turėjo įtakos sėjomainoje auginamiems žemės ūkio augalams (3 pav.). Pašarinių vienetų suma per pirmąją sėjomainos rotaciją rodo, kad tik didesnės (100 , 150 , 200 t ha^{-1}) sapropelio normos turėjo įtakos derliaus priedui, kuris tesiekė 3–6%. Patręšus mėšlu, derlius per sėjomainą tepadidėjo 2%. Prieš antrąją sėjomainos rotaciją, atnaujinus patręšimo mėšlu variantą, kukurūzų pasėlyje derliaus priedai išryškėjo labiausiai. Čia buvo gautas didžiausias ir

2 lentelė. Karbonatinio sapropelio įtaka priesmėlio paprastojo išplautžemio (*Haplic Luvisols*) agrocheminėms savybėms
Table 2. The influence of calcareous sapropel on agrochemical properties in Haplic Luvisols

Variantas <i>Treatment</i>	pH _{KCl}	Sorbuotųjų bazių suma <i>Sum of absorbed bases</i> mekv kg ⁻¹	Bendrasis N <i>Total N</i>	Humusas <i>Humus</i>	Judrieji <i>Available</i>	
			%		P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	K ₂ O
Rodikliai prieš įrengiant bandymą / <i>Indices before experiments</i> (1984, 1985 m.)						
1. Be trąšų <i>Without fertilizers</i>	6,2	100	0,124	1,93	255	159
2. NPK – fonas <i>Background</i>	6,0	89	0,123	1,88	260	170
3. F + S 50 t ha ⁻¹	6,1	95	0,117	1,90	262	165
4. F + S 100 t ha ⁻¹	6,0	91	0,118	1,83	248	172
5. F + S 150 t ha ⁻¹	6,1	89	0,114	1,82	230	194
6. F + S 200 t ha ⁻¹	6,1	90	0,118	1,85	255	177
7. F +M 100 t ha ⁻¹	6,1	92	0,125	1,86	258	172
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,47	11,3	0,011	0,23	54,9	28,3
Rodikliai po sėjomainos pirmos rotacijos / <i>Indices after first crop rotation</i> (1990, 1991 m.)						
1. Be trąšų <i>Without fertilizers</i>	6,2	113	0,084	1,82	246	121
2. NPK – fonas <i>Background</i>	6,0	108	0,082	1,79	280	160
3. F + S 50 t ha ⁻¹	7,0	254	0,120	2,46	306	158
4. F + S 100 t ha ⁻¹	7,1	295	0,129	2,60	318	156
5. F + S 150 t ha ⁻¹	7,3	371	0,150	2,92	320	151
6. F + S 200 t ha ⁻¹	7,3	470	0,153	3,04	308	152
7. F +M 100 t ha ⁻¹	6,4	132	0,128	2,55	287	184
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,21	85,5	0,020	0,28	32,5	26,9
Rodikliai po sėjomainos antros rotacijos / <i>Indices after second crop rotation</i> (1995, 1996 m.)						
1. Be trąšų <i>Without fertilizers</i>	6,6	124	0,114	2,01	180	118
2. NPK – fonas <i>Background</i>	6,3	110	0,118	1,92	229	205
3. F + S 50 t ha ⁻¹	7,2	196	0,125	2,16	250	214
4. F + S 100 t ha ⁻¹	7,3	266	0,133	2,34	285	233
5. F + S 150 t ha ⁻¹	7,3	347	0,141	2,51	280	221
6. F + S 200 t ha ⁻¹	7,4	371	0,145	2,48	275	210
7. F +M 100 t ha ⁻¹	6,3	126	0,135	2,30	232	255
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,40	66,0	0,014	0,25	44,4	35,5
Rodikliai po sėjomainos trečios rotacijos / <i>Indices after third crop rotation</i> (2001, 2002 m.)						
1. Be trąšų <i>Without fertilizers</i>	6,1	120	0,115	1,72	295	140
2. NPK – fonas <i>Background</i>	6,2	92	0,106	1,52	330	206
3. F + S 50 t ha ⁻¹	7,1	170	0,129	1,94	353	233
4. F + S 100 t ha ⁻¹	7,3	184	0,125	1,98	282	265
5. F + S 150 t ha ⁻¹	7,2	255	0,134	2,12	368	256
6. F + S 200 t ha ⁻¹	7,2	248	0,139	2,15	374	233
7. F +M 100 t ha ⁻¹	6,5	97	0,121	2,01	357	247
R ₀₅ / LSD ₀₅	0,33	50,3	0,012	0,23	65,4	46,6

Pastaba. F – fonas, S – sapropelis, M – mėšlas.

Note. F – background, S – sapropel, M – manure.



3 pav. Karbonatinio sapropelio įtaka trijų sėjomainos rotacijų pašarinių vienetų derliui.

I – pirmos sėjomainos rotacijos derlius; II – antros sėjomainos rotacijos derlius; III – trečios sėjomainos rotacijos derlius; S – sapropelis; M – mėšlas; 1. Be trąšų; 2. NPK – fonas; 3. F + S 50 t ha⁻¹; 4. F + S 100 t ha⁻¹; 5. F + S 150 t ha⁻¹; 6. F + S 200 t ha⁻¹; 7. F + M 100 t ha⁻¹

Fig. 3. The influence of calcareous spropel on the yield in feed units of three crop rotations

I – the yield of I-st crop rotation; II – the yield of II-nd crop rotation; III – the yield of III-rd crop rotation; S – sapropel; M – manure; 1. Without fertilizers(control); 2. F – background; 3. F + S 50 t ha⁻¹; 4. F + S 100 t ha⁻¹; 5. F + S 150 t ha⁻¹; 6. F + S 200 t ha⁻¹; 7. F + M 100 t ha⁻¹

3 lentelė. Derliaus priklausomybė nuo priemėlio paprastojo išplautžemio (*Haplic Luvisols*) agrocheminių savybių
Table 3. The dependency of yield from agrochemical properties of *Haplic Luvisols*

Dirvožemio agrocheminiai rodikliai Soil agrochemical indices	Lygtys Equations	η
pH _{KCl}	$y = -2 - 07x^2 + 0,0016x + 3,4798$	0,27
Sorbuotųjų bazių suma Sum of absorbed bases mekv kg ⁻¹	$y = 5 - 06x^2 + 0,012x + 75,611$	0,44
Bendrasis N Total N %	$y = -1 - 09x^2 + 1E-05x + 0,0875$	0,20
Humusas Humus %	$y = 2 - 08x^2 + 0,0002x + 1,1865$	0,75
P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	$y = 7 - 07x^2 + 0,0015x + 275,37$	0,13
K ₂ O mg kg ⁻¹	$y = -4 - 05x^2 + 0,3419x - 450,41$	0,67

Pastaba. Šioje lentelėje patikimumo lygis – 95%.

Note. In this table probability level – 95%.

patikimas derlius pašariniais vienetais (7718 paš. vnt.). Tačiau ir 7-ais sapropelio veikimo metais visos normos tolygiai taip pat didino kukurūzų derlių. Toliau auginant miežius, dobilus ir žieminius rugius, labiausiai derliui įtakos turėjo didžiausios sapropelio normos (200 t ha⁻¹) poveikis. Tuo tarpu mėšlo poveikis prilygo 100 ir 150 t ha⁻¹ sapropelio poveikiui.

Po žieminių rugių augo bulvės ir avižos. Tai augalai, labiau pakenčiantys rūgštesnę dirvožemio reakciją. Dėl to ir pirmoje, ir antroje sėjomainos rotacijoje bulvių ir avižų derlius tolygiai mažėjo nuo 2250 iki 1934 ir nuo 2541 iki 2189 paš. vnt., priklausomai nuo sapropelio dozės.

Trečioje sėjomainos rotacijoje, dirvožemį įvairiai pataręšus Ilgučio ežero sapropeliu, nustatyta sapropelio įtaka sėjomainoje auginamiems žemės ūkio augalams. Pirmaisiais įvairių normų sapropelio veikimo metais, palyginus derliaus didėjimą tarp atskirų variantų, statistiškai patikimas derliaus priedas buvo gautas tik pataręšus mineralinėmis trąšomis (3150 paš. vnt.). Mėšlo ir mažesnių (50, 100 t ha⁻¹) sapropelio normų poveikis buvo beveik vienodas. Miežių derliaus didesni ir patikimi priedai (1955–2990 paš. vnt.) gauti taip pat pataręšus tik mineralinėmis trąšomis ir sapropeliu. Po miežių, auginant dobilus, patikimas derliaus priedas (521–1593 paš. vnt.) gautas pataręšus vien mineralinėmis trąšomis.

Koreliacinė ir regresinė dirvožemio agrocheminių savybių duomenų analizė (3 lentelė) parodė, kad karbonatinis sapropelis didžiausią įtaką turėjo dirvožemio rūgštumo rodikliams. Dirvožemio pH ir po trijų sėjomainos rotacijų beveik nepakito, tuo tapu sorbuotųjų bazių sumos rodikliai kiek sumažėjo, bet liko daug didesni nei prieš įrengiant bandymus. Tačiau nenustatyta dirvožemio pH ir išauginto derliaus funkcinio ryšio ($\eta = 0,27$), o tarp sorbuotųjų bazių sumos ir derliaus koreliacija – tik silpna ($\eta = 0,44$).

Agrocheminių savybių analizės (2 lentelė) rodo, kad daugiausia bendrojo azoto į dirvožemį buvo įterpta su sapropeliu. Per tris sėjomainos rotacijas jo augalams nepritrūko. Tačiau augalai, matyt, azotą per silpnai panaudojo dėl lėtos sapropelio mineralizacijos ir nedidelių derliaus priedų, todėl ir šiuo atveju nenustatyta bendrojo azoto ir derliaus koreliacinio ryšio ($\eta = 0,20$).

Įvairiai patręšus sapropeliu, dirvožemis atitinkamai buvo papildytas humuso medžiagomis, susiformavusiomis sapropelyje. Atlikus koreliacinę ir regresinę humuso kiekio dirvožemyje ir išauginto derliaus analizę, nustatytas stiprus šių rodiklių ryšys ($\eta = 0,75$).

Prieš bandymų įrengimą priesmėlio paprastasis išplautžemis buvo didelio fosforingumo (2 lentelėje $P_2O_5 = 230\text{--}262 \text{ mg kg}^{-1}$ dirvožemio). Matyt, todėl su trąšomis įterpto fosforo kiekis buvo nereikšmingas bei koreliacinio ryšio judriojo fosforo kiekio dirvožemyje ir derliaus neaptikta ($\eta = 0,13$).

Karbonatiniame sapropelyje kalio buvo itin mažai ($K_2O = 0,005\%$), todėl daugiausia jo į dirvožemį pateko su mineralinėmis trąšomis. Šis kiekis kalingame ($K_2O = 159\text{--}194 \text{ mg kg}^{-1}$ dirvožemio) priesmėlyje buvo optimalus. Augalai jį pakankamai gerai panaudojo ir šiuo atveju nustatyta judriojo kalio dirvožemyje ir derliaus vidutinė koreliacija ($\eta = 0,67$).

IŠVADOS

1. Žemsiurbės MZ-8 našumas priklauso nuo sapropelio pulpos transportavimo atstumo ir aukščio tarp ežero vandens lygio ir sėdintuvo. Sapropelio pulpos konsistencija dirbant žemsiurbei siekė 0,8–2,4%.

2. Geriausiai iš sėdintuvų sapropelį kasti pakrovėjais ir paskleisti ant laukų mėšlo kratytuvais.

3. Pasibaigus trečiai sėjomainos rotacijai, po 18-os metų sapropelio poveikis priesmėlio paprastojo išplautžemio (*Haplic Luvisols*) agrocheminėms savybėms išliko teigiamas. Palyginus agrocheminius rodiklius po pirmos sėjomainos rotacijos su rodikliais po antros ir trečios rotacijų, dirvožemio pH nepakito. Sorbuotųjų bazių, bendrojo azoto, humuso kiekis kas rotacija vis mažėjo, tačiau nepasiekė pirmąjį lygį, t. y. duomenų prieš įrengiant bandymus. Dėl mažo derliaus ir nepakankamo elementų panaudojimo judriųjų fosforo ir kalio kas rotaciją pagausėdavo.

4. Įvairiai patręšus priesmėlio paprastąjį išplautžemį karbonatiniu sapropeliu nustatyta, kad trečioje sėjomainos rotacijoje, palyginus su kontroliniu variantu, visos sapropelio normos sėjomainos produktyvumą padidino 4–17%, mėšlas – 19%, tačiau mėšlas buvo įterpiamas

kiekvieną rotaciją, o sapropelis vieną kartą per visą bandymų laiką. Per visas tris rotacijas geriausiai derlius didėjo patręšus 200 t ha^{-1} sauso sapropelio, jo poveikis prilygo mėšlo poveikiui. Visose trijose sėjomainos rotacijose pastebėta neigiama karbonatinio sapropelio įtaka bulvių ir avižų derliui.

5. Sėjomainoje išaugintas derlius labiausiai priklausė nuo dirvožemyje esančio humuso ir judriojo kalio kiekio. Nustatytas derliaus ir humuso kiekio stiprus ryšys ($\eta = 0,75$), taip pat derliaus ir kalio vidutinė koreliacija ($\eta = 0,67$).

Gauta 2006 12 12

Priimta 2007 02 28

Literatūra

1. Adriaens P., Batterman S., Blum J., Hayes K., Meyers P., Weber W. Great lakes sediment: contamination // Toxicity and Beneficial Re-Use. SNRE. 2002. 37 p.
2. Adresini A., Loiacono F., De Marco A., Spangoli F. Recent sedimentation and present environmental state of "Lesina lake" // Proceedings of the International Conference on Southern European Coastal Lagoons: The Influence of River Basin-Coastal Zone Interactions. Ferrara, Italy, 2003. 51 p.
3. Iljins U., Navickas J., Ziemelis I. Application of linear regression while investigating the influence of lime and organic sapropel on the properties of unburnt clay samples // Proc. Intern. Scientific Conference "Agricultural Engineering Problems". Latvia, Jelgava, 2005. P. 132–137.
4. Katkevičius L., Ciūnys A., Bakšienė E. Ežerų sapropelis žemės ūkiui. LŽI, 1998. 94 p.
5. Liuzinas R., Jankevičius K., Šalkauskas M., Mikalajūnas M. Improvement of lake sapropel quality: A new method // The Geographical Yearbook XXXVIII(2). 2005. P. 44–51.
6. Mažeika J., Taminskas J. Evaluation of recent sedimentation rates in the lakes of East Lithuania based on radioisotope dating // The Geographical Yearbook XXXVIII(2). 2005. P. 5–10.
7. Orlov D. S., Sadovnikova L. K. Nontraditional ameliorants and organic fertilizer // Euroasian Soil Science. 1996. Vol. 29. N 4. P. 474–479.
8. Tamulis T. Pašarų cheminė sudėtis ir maistingumas. Žiny-nas. Vilnius: Mokslas, 1986. P. 30–144.
9. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademija, 2003. 57 p.
10. Žvironaitė J., Ciūnys A., Gerdžiūnas P. Ežerų valymo produkto – sapropelio panaudojimo galimybių tyrimai // Aplinkos inžinerija. Vilnius: Technika, 2002. T. X. Nr. 4. P. 168–175.
11. Valiūškevičius G. Mažųjų ežerų išteklių ir problemos // Vandens telkinių būklė ir gerinimo būdai. Kaunas-Akademija, 1997. P. 16–19.
12. Горюнов С. И. Измерение расхода пульпы в производственных условиях. Изд. ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1955. С. 8.

13. Иванов А. И., Моисеев Д. А., Зуева Т. А. Влияние систем удобрения с использованием сапропеля на режим подвижного азота дерново-подзолистых почв // Материалы 9-ой Международной Пушкинской конференции молодых ученых "Биология – наука XXI века". 2005. С. 102–108.
14. Максимов П. Г., Кузнецов А. В., Платонов И. Г. Результаты агроэкологической оценки сапропелевых месторождений. Москва, 2000. 109 с.
15. Титова Е. В. Высокие технологии добычи, глубокой переработки и использования болотно-озёрных отложений. Томск. СибНИИ торфа, 2003. С. 177–181.
16. Хохлова О. Б. Сапропель – мелиорант и удобрение длительного действия. Автореферат дис... канд. с.-х. наук. Москва, 1997. С. 20.

Eugenija Bakšienė, Antanas Ciūnys

APPLICATION OF SAPROPEL OF LAKE ILGUTIS FOR SOIL IMPROVEMENT

Summary

In the silty Lithuanian lakes, about 1.5 mlrd. m³ sapropel are accumulated. Sapropel is a valuable organic, limy matter which can be used for soil fertilization and improving. Dealing with the already silted lakes, most often mechanical removal of lake sapropel is applied. Sapropel was extracted with a dragger from Lake Ilgutis, was dried up in sediment bowls up to 80–85% humidity and inserted into soil.

Summarised results of a long-term experiment showed that by the end of the second (after 12 years) and third (after 18 years) rotations the effect of sapropel on soil chemical properties was positive. Calcareous sapropel reduced soil acidity and increased the content of exchangeable bases (Ca + Mg). Under the influence of sapropel, the content of organic carbon and total nitrogen increased as well. The higher rates (150, 120 t ha⁻¹) of dry sapropel after 18 years of application increased the productivity of crops. The highest rate of sapropel

(200 t ha⁻¹) was almost of the same effectiveness as of manure applied in every rotation.

Key words: dragger, sapropel, transportation, soil, chemical properties, yield

Эугения Бакшене, Антанас Циунис

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПРОПЕЛЯ ОЗЕРА ИЛГУТИС ДЛЯ УДОБРЕНИЯ ПОЧВЫ

Резюме

В заиленных озёрах Литвы насчитывается около 1,5 млрд. м³ скопившегося сапропеля. Сапропель – ценный органический и известковый материал, который можно использовать для удобрения и улучшения почв. При извлечении сапропеля восстанавливаются состояние озёр и их функциональное назначение. Из озера Илгутис сапропель добывался земснарядом МЗ-8. Сапропель высушивали в отстойниках до 80–85%-ной влажности, вывозили на поля и вносили в почву.

Результаты долгосрочного эксперимента показали, что к концу второй (12 лет) и третьей (18 лет) ротации севооборота эффективность воздействия сапропеля на агрохимические свойства почвы была достоверна. Известковый сапропель понизил кислотность почвы, увеличил количество обменных оснований (Ca + Mg). Под влиянием сапропеля также повысилось содержание гумуса и общего азота. Результаты исследований показали, что более высокие нормы (150, 120 т га⁻¹) сухого сапропеля за 18 лет действия повысили продуктивность севооборота. Эффективность сапропеля при норме 200 т га⁻¹ была равнозначна действенности навоза.

Ключевые слова: земснаряд, сапропель, транспортировка, почва, химические свойства, урожай