

Dirvotyra ir agrochemija *Soil Science and Agrochemistry* *Į ūkio mokslø akademijos leidykla, 2005*

Organinės medžiagos analizavimo metodø palyginimas ir duomenø matematinio perskaičiavimo galimybė

Benediktas Jankauskas¹, Alvyra Ėleptienė²,

Genovaitė Jankauskienė¹,

Michael A. Fullen³, Colin A. Booth³

¹ Lietuvos žemdirbystės instituto
Kaltinėnø bandymø stotis,
Kaltinėnai, LT-75451 Ėilalės rajonas,
el. paštą kaltbs@kaltbs.lzi.lt

² Lietuvos žemdirbystės instituto
Cheminio tyrimø laboratorija,
Dotnuva-Akademija,
LT-58344 Kėdainio rajonas,
el. paštą alvyra@lzi.lt

³ Research Institute in Advanced
Technologies (RIATec),
The University of Wolverhampton,
Wolverhampton WV1 1SB,
E-mail: M.Fullen@wlw.ac.uk

Vienas LPI Kaltinėnø bandymø stotyje 2002–2003 m. daryto tarptautinio bandymojo projekto (pilot project) „Anglies kaupimas Lietuvos dirvožemiuose (Carbon sequestration in Lithuanian soils)“ uždavinio buvo suderinti egzistuojančius skirtumus tarp ūvairių dirvožemio organinės medžiagos (DOM), DOA ar DH analizavimo metodø. Nustatyta, kad lygintaisiais metodais gautø tyrimo duomenø koreliaciniai ryšiai yra labai glaudūs, 99% tikimybės lygio. Koreliaciniai tiesinės priklausomybės ryšiai, naudojant 92 mėginio aibę iš pasotintøjø balkðvažemio, kito nuo $r = 0,831$ iki $r = 0,965$. Pateikiami labai artimø tirtiesiems dirvožemiams DOM konvertavimo koeficientai. Porinės regresijos kreivės rodo labai glaudpius (determinacijos koeficientai r^2 artimi vienetui) porinės regresijos ryšius, o porinės regresijos lygtys ágalina atlikti labai tikslus perskaičiavimus. Todėl egzistuoja trejopa matematiškai pagrįsta galimybė perskaičiuoti Vidurio ir Rytø Europos kraštuose priimtais metodais gautus dirvožemio humuso tyrimø duomenis á vakarietiškais metodais gaunamus duomenis.

Raktaþodþiai: dirvožemio organinė medžiaga; tyrimo metodai: Walkley-Black, kaitinimo nuostolio, sauso deginimo, Tiurino titrimetrisis, Tiurino fotometrisis; duomenø konvertavimas

ÁVADAS

Dirvožemio organinė medžiaga (DOM) yra apibūdinama kaip dirvožemio organinė frakcija, išskiriant ne-suirusias augalø ir gyvūnø liekanas, ir vartojama kaip humuso sinonimas [23]. DOM veikia daugelá dirvožemio savybiø: dirvožemio drėgmės imlumà, dirvožemio bazingumà, dirvožemio maisto medžiagø prieinamumà, dirvožemio struktūringumà, struktūros patvarumà, dirvožemio orà ir ðilumà [15]. DOM vis daþniau pripaþstama dirvožemio kokybės indikatoriumi ir biosferos ekologinės pusiausvyros bei stabilumo rodikliu [9, 13], turinèiu átakos klimato kaitai Žemėje [7, 8, 16]. Dirvožemio organinė anglis

(DOA), kaip pagrindinis DOM komponentas, susideda iš mikroorganizmø ląsteliø, ūvairaus suirimo augalø ir gyvūnø liekanø, stabilaus humuso (sintezuoto iš organinio liekanø) ir iš labai karbonizuotø medþio anglies, grafito ar akmens anglies [15].

Tarptautiniu mastu numatant ilgalaiká dirvožemio anglies atsargø naudojimo ir jos sintezės strategijà labai svarbu turėti aiðkià skirtingos granulometrinės sudėties dirvožemio naudojimo sistemø poveikio dirvožemio anglies sintezei sampratà [8, 12]. Natūralias augimvietes pavertus žemės ūkio naudmenomis galima sumaþinti DOM atsargas, o á natūralias augimvietes grąþintas žemės ūkio naudmenas galima esmingai papildyti [4, 6, 19, 21]. Lietuvos mokslo ins-

titucijose darytø tyrimø duomenimis, dirvoþemio humuso (DH) kaupimas priklauso nuo ávairiø aplinkybiø: dirvoþemio granulimetrinës sudëties ir trãðimo lygio [9], auginamø augalø [1], þemës dirbimo [10], trãðimui panaudotø organiniø trãðø [2, 18]. Kiekvienas DOA atsargø padidëjimas savo ruoþtu veda prie spartesnës jos oksidacijos, o tai taip pat yra gerai pagrãsta tyrimø duomenimis [5, 7, 13, 24]. Kryptingam tø sudëtingø procesø valdymui labai svarbu koordinuoti tarptautines tyrëjø pajëgas. Tam labai trukdo kol kas egzistuojanti skirtinga ne tik DOM, DOA ir DH apibûdinimo terminologija, bet ir skirtingi analizavimo metodai. Lietuvoje ir daugumoje kitø Rytø Europos ir Azijos kraðtø egzistuoja didþiulës Tiurino metodu (ir skirtingomis jo modifikacijomis) analizuotø dirvoþemio humuso duomenø bazës. Vakarø kraðtuose analogiðkos duomenø bazës gautos taikant kitokius analizavimo metodus. Dël to ávairiø ðaliø mokslininkams kartais sudëtinga susikalbëti tarptautiniø renginiø metu ar interpretuoti duomenis, skelbiamus mokslo leidiniuose. Rytieðiø publikacijos Vakarø þurnalamams daþnai nepriimamos ne tik dël „vakarieëiams“ negirdëtø analizavimo metodø, bet ir dël skirtingos terminologijos: sãvoka *humusas* plaëiai vartojama Rytø kraðtuose, o vakarieëiai labiau pripaþãsta sãvokas *dirvoþemio organinë anglis* (DOA) ir *dirvoþemio organinë medþiaga* (DOM).

Problemai suþvelninti pasinaudojome trumpalaikiu (2002–2003 m.) tarptautiniu projektu „Anglies kaupimas Lietuvos dirvoþemiuose (Carbon sequestration in Lithuanian soils)“. Projektã finansavo Didþiosios Britanijos Leverhulme fondas (The Leverhulme Trust). To projekto duomenø pagrindu paruoðime keletã bûdø Tiurino metodu analizuotiems DH duomenims konvertuoti á kitais metodais gaunamus duomenis.

METODIKA

Tyrimams pasirinkome skirtingu laipsniu nuardytã pasotintãjã balkðvaþemã (J1b) (arba dël smarkaus nuardymo tokã tapusã pasotintuoju pradþiaþemiu (PRb)) ið Lietuvos þemdirbystës instituto (LPI) Kaltinënø bandymø stotyje daromø ilgalaikiø dirvoþemio erozijos tyrimø. Ið tø bandymø laukeliø surinkome 92 dirvoþemio ëminius. Jie buvo suskirstyti á dvi dideles grupes po 46 ëminius pagal gylã 0–20 cm ir 20–40 cm. Abi pastarãsias grupes sudaro ëminiai ið penkiø bandymø: A – eroduoto balkðvaþemio monitoringas Ðemaiëiø aukðtumos 10–12° ðlaite (8 ëminiai), B – eroduoto pradþiaþemio monitoringas Ðemaiëiø aukðtumos 12–16° ðlaite (8 ëminiai), C – dulkiðko lengvo priemolio erozijos tyrimai Ðemaiëiø aukðtumos ðlaite (10 ëminiø), D – dulkiðko vidutinio sunkumo priemolio erozijos tyrimai Ðemaiëiø aukðtumos ðlaite (10 ëminiø) ir E – dulkiðko sunkaus priemolio erozijos tyrimai Ðemaiëiø aukðtumos ðlaite (10 ëminiø) [14]. Monitoringais A ir B tyrinëjamos keturios eroduojamø dirvoþemiø naudojimo sistemos, o bandymais C,

D ir E – po ðeðias naudojimo sistemos. Dirvoþemio ëminiai ið bandymø A ir B surinkti 20-ais jø vykdymo metais, o ið bandymø C, D ir E – 8-ais vykdymo metais.

Penkiais metodais trijose laboratorijose analizavome DOM ar DH kiekã minëtuose 92 ëminiuose. Todël kiekvienas dirvoþemio ëminys buvo padalintas á 6 dalis: 5 dalys skirtos analizavimui skirtingais metodais LPI Cheminiø tyrimø (ChTL) ir Kaltinënø bandymø stoties (KBL) laboratorijose, o 6-oji – analizavimui kaitinimo metodu Volverhamptono universiteto laboratorijoje (WU). Kaitinimo metodas (loss-on-ignition – LoI – *angl.*) ávardijamas klasikiniu organinës medþiagos analizavimo metodu Didþiojoje Britanijoje. Todël tuo metodu analizuota ir KBL (LoI_K), ir WU laboratorijoje (LoI_W). Kaltinënø bandymø stoties laboratorijoje dar analizuota Tiurino titrimetriiniu (T) metodu [27]. LPI Cheminiø tyrimø laboratorijoje analizuota Tiurino fotometriiniu (T_{ph}) [29], USDA (Walkley-Black – W–B – *angl.*) [21] ir sauso deginimo (dry combustion – D_c – *angl.*) [25] metodais.

Dirvoþemio mëginiai cheminëms analizëms paruoðti iðrenkant ir paðalinant akimi pastebimas augalinës ir gyvûninës kilmës daleles ir persijojant dirvoþemã per 0,25 mm sietã. Analizavimui LoI metodu dirvoþemio mëginys ðvelniai smulkintas guminiu grûstuvëliu grûstuvëje ir persijotas per 2 mm sietã. Tada tikslus svërinys (13 g) kaitintas 16 val. 375 ± 9°C temperatûroje [3].

Pasaulyje egzistuoja daug organinës medþiagos nustatymo dirvoþemyje metodikø, kurios skiriasi atlikimo detalëmis ir áranga. DOM analizavimo metodø palyginimas buvo mûsø tyrimø objektas, todël palyginimui taikytus metodus trumpai apibûdiname.

Tiurino tûrinis, kitaip – titrimetrinis (Tt), metodas, aprašytas Aleksandrovos ir Naidionovos [27], gali bûti laikomas klasikiniu pastarøjø 20–30 metø Tiurino metodo variantu. Tai cheminis metodas, kurio esmë sudaro netiesioginis humuso kiekio nustatymas oksiduojant humusã chromo miðiniu ir titrimetriðkai nustatant pagal nesunaudoto oksidavimui ðio tirpalo kiekã. Oksidacija atliekama virinant 5 min. ant elektrinës viryklës. Titruojama 0,1–0,2 N Moro druskos tirpalu (DH = DOA × 1,724).

Tiurino fotometriinis (Tph) metodas [29] pradëtas plaëiau taikyti kiek vëliau, atsiradus fotometravimo árangai. Ið literatûros þinoma, kad Tt humuso nustatymo metodas daþniausiai taikomas masinëms analizëms, nes jis gana paprastas, tikslus ir greitas [17]. Fotometravimo procedûros ávedimas vietoj titravimo leidþia dar labiau supaprastinti metodã, padidinti darbo naðumã, nes nebereikia ruoðti titravimui naudojamø tirpalø, juos nuolat tikrinti. Nikitinas pasiûlë oksidavimã atlikti kaitinimo spintoje, o tai supaprastino oksidavimo procedûrã, buvo iðvengta tirpalo perkaitinimo, neberekëjo átemptai sekti virimo (DH = DOA × 1,724).

USDA Walkley-Black metodas [15, 22] kaip ir Tiurino metodas, priskiriamas prie cheminių dichromatinių metodų ir skiriasi nuo Tiurino metodo visų pirma oksidavimo sąlygomis, t. y. išoriškai niekaip nekaitinama, o tik savaime tirpalas sužyla egzoterminės reakcijos metu. W-B metodu oksidacija būna nepilna, todėl gauti duomenys koreguojami, naudojant vidutiną pataisos koeficientą. Metodas plačiai paplitęs JAV, kitose Vakarų dalyse dėl taikymo paprastumo ir dažnai taikomas agronominiams praktiniams tikslams ($DOM = DOA \times 1,724 \times 1,3$).

Kaitinimo metodas (LoI) laikomas klasikiniu DOM analizavimo metodu Didžiojoje Britanijoje ir kitur. Kaitinimo metodas turi keletą modifikacijų, kurios iš esmės skiriasi kaitinimo temperatūros režimu. Mūsų eksperimente buvo kaitinama 16 val. $375 \pm 9^\circ\text{C}$ [3].

Sauso deginimo (D_c) metodas priklauso prie tiesioginių DOM analizavimo metodų, kai DOA nustatoma pagal degimo metu išsiskyrusią CO_2 kieką D_c metodu naudojant naujos kartos automatinius analizatorius atsirado vystantis analizavimo technikai. Analizatorius vario EL III (Vokietija, 2002) [25] automatiškai analizuoja, suskaičiuoja DOA kieką mėginyje. Nesant karbonatų, bendrasis anglies kiekis atitinka DOA kieką DOM kiekis skaičiuojamas pagal formulę ($DOM = DOA \times 1,724$).

Pateiktasis metodų aprašymas rodo, kad tarp ūvairių dirvožemio organinės medžiagos analizavimo metodų egzistuoja esminiai metodiniai skirtumai, dėl kurių abejojama duomenų palyginimo galimumu.

Ūvairiais metodais gautiems duomenims palyginti išdėjojame koreliacinių ir regresinių ryšių, naudodami STAT programą iš paketą SELEKCIJA ir IRRISTAT [20].

TYRIMŲ DUOMENYS IR JŲ APTARIMAS

Vidutiniais 92 tyrimų duomenimis, DOM nustatyta nuo $1,84 \pm 0,071\%$, analizuojant T_t metodu, iki $2,71 \pm 0,104\%$ ir $2,93 \pm 0,105\%$, analizuojant LoI metodu (pirmasis – LoI_w , antrasis – LoI_k) (1 lentelė). D_c metodu gauti duomenys užėmė tarpinę padėtį tarp T_t ir T_{ph} ($1,84\%$ ir $2,05\%$), o šiais abiem dichromatiniais metodais gautų DOM duomenų vidurkis atitiko vidutinę D_c ($1,94\%$). W-B metodo atveju nevisiškai organinės medžiagos oksidavimui kompensuoti oficialiai priimtas vidutinis koeficientas 1,3. Iš mūsų duomenų matyti, kad toks koeficientas yra per didelis, todėl W-B metodu analizuojant balkūvąmumus arba jiems artimus dirvožemius jis turėtų būti 1,25 vietoj 1,3.

Glaudūs, 99% tikimybės lygio ($P < 0,01$), koreliaciniai ryšiai nustatyti tarp visais tirtaisiais metodais gautų duomenų. Tiesinės koreliacijos koeficientai kito nuo $0,831 \pm 0,059$ ($LoI_k - W-B$) iki $0,977 \pm 0,022$ ($D_c - T_{ph}$). Paprastos tiesinės regresijos lygtys atgailina atlikti nesudėtingus labai skirtingų duomenų (skirtingos granulimetrinės sudėties ir iš skirtingų dirvožemio gylių) perskaičiavimus: vienu metodu gautus duomenis į kitu metodu gautus duomenis (2 lentelė). Paskutinėje 2 lentelės skiltyje pateiktieji perskaičiavimo koeficientai tinka tik dirvožemiams su la-

1 lentelė. Skirtingais metodais analizuotų DOM duomenų tiesinės koreliacijos ir regresijos duomenys

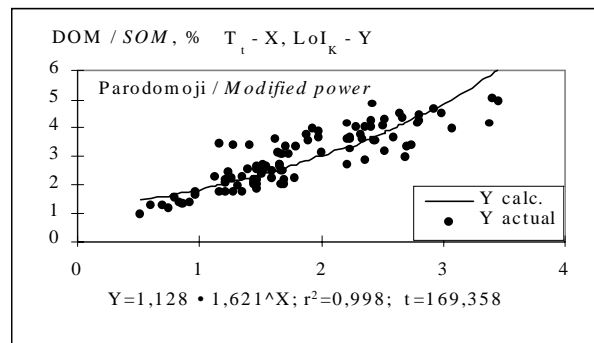
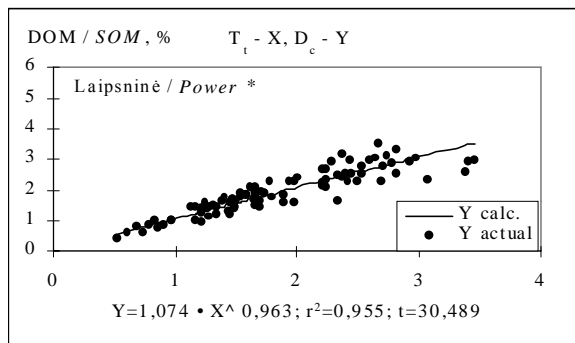
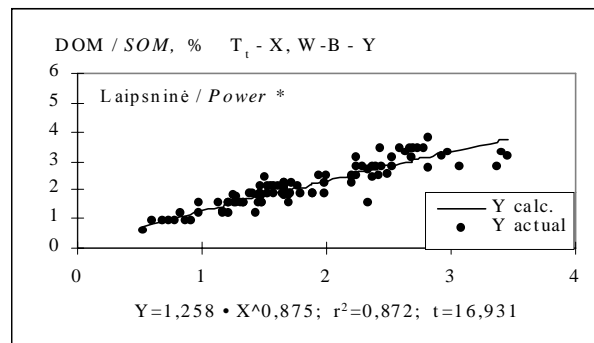
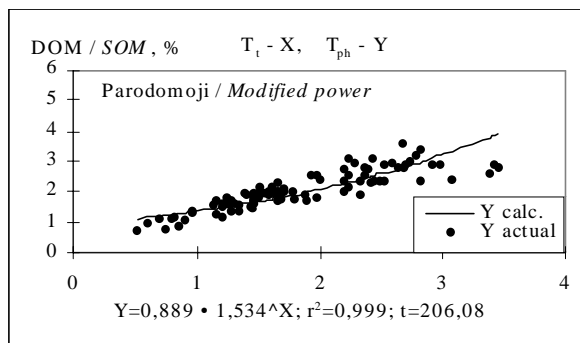
DOM metodai*		Tiesinė koreliacija		Tiesinės regresijos lygtys		DOM vidurkiai pagal X		V%
X	Y	r	s	Y = A +	BX	\bar{x}	S_x^-	
T_t	T_{ph}	0,88**	$\pm 0,049$	0,557	0,814	1,84	$\pm 0,071$	36,8
T_t	W-B	0,91**	$\pm 0,044$	0,321	0,992			
T_t	D_c	0,91**	$\pm 0,045$	0,214	0,938			
T_t	LoI_k	0,87**	$\pm 0,051$	0,537	1,302			
T_t	LoI_w	0,85**	$\pm 0,056$	0,399	1,26			
T_{ph}	W-B	0,97**	$\pm 0,028$	-0,207	1,145	2,05	$\pm 0,065$	30,4
T_{ph}	D_c	0,98**	$\pm 0,022$	-0,318	1,098			
T_{ph}	LoI_k	0,84**	$\pm 0,057$	0,127	1,365			
T_{ph}	LoI_w	0,89**	$\pm 0,049$	-0,219	1,429			
W-B	D_c	0,97**	$\pm 0,027$	-0,024	0,915	2,14	$\pm 0,077$	34,5
W-B	LoI_k	0,83**	$\pm 0,059$	0,501	1,133			
W-B	LoI_w	0,86**	$\pm 0,054$	0,209	1,169			
D_c	LoI_k	0,87**	$\pm 0,052$	0,503	1,253	1,94	$\pm 0,073$	36,2
D_c	LoI_w	0,89**	$\pm 0,048$	0,238	1,279			
LoI_k	LoI_w	0,88**	$\pm 0,05$	0,15	0,875	2,93	$\pm 0,105$	34,4
LoI_w	T_t	0,85**	$\pm 0,056$	0,281	0,573	2,71	$\pm 0,104$	37,0

* DOM analizavimo metodai: Tiurino titrimetris – T_t ; Tiurino fotometris – T_{ph} ; Walkley-Black – W-B; sauso deginimo – D_c ; kaitinimo metodas (loss-on-ignition – LoI_k , kai analizuota KBL ir LoI_w , kai analizuota WU). ** Patikimumo lygis – 99%, ($P < 0,01$).

2 lentelė. Tiesinės regresijos lygtys ir koeficientai DOM duomenims, gautiems Tiurino metodu, perskaičiuoti á kitais analizavimui taikytais metodais gautus duomenis

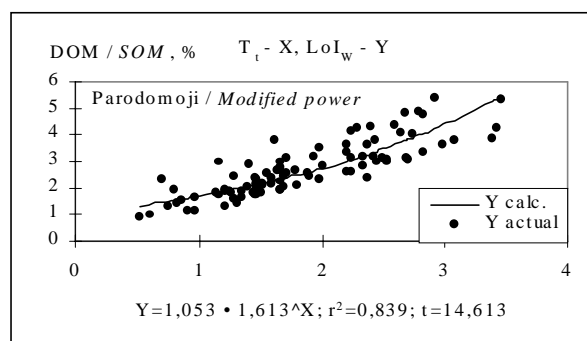
DOM perskaičiavimas:		Tiesinės regresijos lygtys	Perskaičiavimo koeficientai
iš X	á Y*	$Y = A + B X$	
Tiurino titrimetrinis	D_c	$Y = 0,214 + 0,938X$	1,05
Tiurino titrimetrinis	LoI_K	$Y = 0,537 + 1,302X$	1,59
Tiurino titrimetrinis	LoI_W	$Y = 0,399 + 1,26X$	1,47
Tiurino titrimetrinis	W-B	$Y = 0,21 + 0,992X$	1,16
Tiurino titrimetrinis	T_{ph}	$Y = 0,557 + 0,814X$	1,11
Tiurino fotometrinis	T_t	$Y = -0,134 + 0,960X$	0,90
Tiurino fotometrinis	D_c	$Y = -0,318 + 1,098X$	0,95
Tiurino fotometrinis	LoI_K	$Y = 0,127 + 1,365X$	1,43
Tiurino fotometrinis	LoI_W	$Y = -0,219 + 1,429X$	1,32
Tiurino fotometrinis	W-B	$Y = -0,207 + 1,145X$	1,04

* DOM analizavimo metodai: Tiurino titrimetriniis – T_t ; Tiurino fotometriniis – T_{ph} ; Walkley–Black – W-B; sauso deginimo – D_c ; kaitinimo metodas (loss-on-ignition – LoI_K , kai analizuota KBL ir LoI_W , kai analizuota WU).

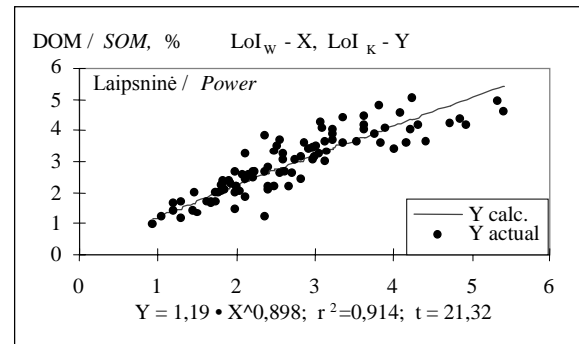
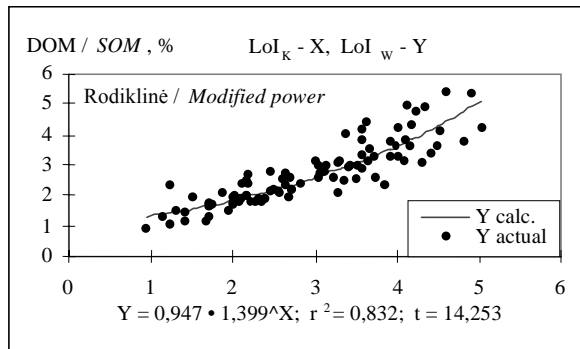


1 pav. Tiurino titrimetrinio ir kitais tirtais metodais gautø dirvoþemio organinės medþiagos duomenø porinės regresijos ryðiai. Analizavimo metodai pagal 1 lentelá

bai artimomis (2 lentelėje pateiktoms) DOM reikðmėmis arba mûsø tyrinëtiems balkðvaþemiams. Perskaičiavimo koeficientai taikytini vidutinëms DOM reikðmëms ir tinka tik orientaciniam palyginimui. Ðenkliau besiskiriantiems DOM rodikliams perskaičiuoti naudotinos lentelėje pateiktos tiesinės regresijos lygtys.



Vis dëlto tiesinë priklausomybë, nors ji net 99% tikimybės lygio, nebuvo glaudþiausia. Ávairiais metodais gautø dirvoþemio organinės medþiagos duome-



2 pav. Dirvožemio organinės medžiagos duomenų, gautų analizuojant kaitinimo metodu (LoI) dviejose laboratorijose Lietuvoje ir Didžiojoje Britanijoje, porinės regresijos ryšiai: LoI_K – analizuota LPI KBL, o LoI_W – analizuota WU laboratorijoje

nė glaudžiausi porinės regresijos ryšiai daugeliu atvejų gauti naudojant rodiklinę (modified power – *angl.*) ar laipsninę (power – *angl.*) regresijos lygtis (terminai pagal Tarakanovą ir Raudonių, 2003). Beje, atliekant statistinę analizę, išryškėjo programos trūkumas, kai esant labai glaudžiam porinės regresijos ryšiui, programa neduoda grafinio vaizdo, o determinacijos koeficientą (r^2) parodo lygų vienetui. Tokie atvejai toliau pateikiamuose paveiksluose pažymėti prie žodžio *laipsninė* pridodant žvaigždutę. Tai reiškia, kad pateiktuojų atveju nurodytoji porinės regresijos lygtis nebuvo glaudžiausia.

Lyginant 92 mėginių aibės T_t metodu gautus DOM tyrimo duomenis su kitais metodais gautaisiais (1 pav.), glaudžiausius koreliacinius ryšius visais atvejais rodė rodiklinė porinės regresijos lygtis: dviem atvejais (T_t su W-B ir Dc metodais) determinacijos koeficientas r^2 buvo lygus vienetui (1 pav. nuorodos su žvaigždute), kitais dviem atvejais (T_t su T_{ph} ir LoI_K metodais) r^2 buvo atitinkamai 0,999 ir 0,998) ir tik T_t su LoI_W atveju r^2 buvo 0,839. Visais atvejais buvo tik po keletą taškų, kiek penkliau nutolusių nuo apskaičiuotosios kreivės (1 pav.).

Tuo pačiu kaitinimo metodu (LoI) dviejose skirtingose šalių laboratorijose (LPI Kaltinėnų bandymo stoties ir Didžiosios Britanijos Vulverhamptono universiteto) darytose analizėse duomenų palyginimas (2 pav.) rodo, kad glaudžiausias LoI_K ir LoI_W ($X - LoI_K$ duomenys) porinės regresijos ryšys buvo pritaikius rodiklinę porinės regresijos lygtį (determinacijos koeficientas $r^2 = 0,832$). Lyginant LoI_W ir LoI_K duomenis ($X - LoI_W$ duomenys) ir pritaikius tokią pat rodiklinę porinės regresijos lygtį sąryšis buvo toks glaudus, kad programa rodė $r^2 = 1$, o grafinio vaizdo programa nebepateikė. Pritaikius laipsninę regresijos lygtį, determinacijos koeficientas buvo 0,914 (2 pav.).

DOM kiekis, gautas skirtingais metodais vertinat pagal vidutinę reikšmę (92 mėginiai), buvo 1,84–2,93%. Tai dar kartą parodo, kaip svarbu interpretuojant duomenis atsižvelgti į tai, kuriuo metodu buvo analizuojami mėginiai. Gauti rezultatai rodo bū-

tinybą tomis sąlygomis atlikti DOM metodu palyginimą tiriant dirvožemius su kitomis charakteristikomis.

IŠVADOS

1. Esminiai metodiniai skirtumai egzistuoja tarp švairių dirvožemio organinės medžiagos analizavimo metodų, bet tarp lygintojų gana skirtingose metodose nustatyti labai glaudūs, puikaus patikimumo lygio koreliaciniai ryšiai. Visais tirtaisiais metodais gauti duomenų koreliaciniai tiesinės priklausomybės ryšiai kitu intervalu: $r = 0,831–0,965$ ($n = 92$, $P < 0,01$). Porinės regresijos kreivės rodo labai glaudžius (determinacijos koeficientai r^2 artimi vienetui) ryšius, o porinės regresijos lygtys tinka atlikti labai tikslus perskaičiavimus.

2. Egzistuoja trejopa matematiškai pagrįsta galimybė perskaičiuoti Vidurio ir Rytų Europos kraštuose priimtais metodais gautus dirvožemio organinės medžiagos tyrimo duomenis šioje Vakarų šalyje taikomais metodais gaunamus duomenis, ir atvirkščiai:

- perskaičiavimo koeficientai tinka tik labai artimoms, kaip skaičiavimui buvo naudotos, vidutinėms dirvožemio organinės medžiagos reikšmėms ir taikytini tik orientaciniam palyginimui,
- penkliau besiskiriantiems rodikliams perskaičiuoti naudotinos tiesinės regresijos lygtys,
- preciziškiems perskaičiavimams naudotinos sudėtingesnės rodiklinės (modified power) ar laipsninės (power) porinių regresijų lygtys.

3. Dirvožemio organinės medžiagos duomenų perskaičiavimo galimybė atveria kelius Vidurio ir Rytų Europos kraštuose turimas didžiules dirvožemio humuso duomenų bazes panaudoti anglies kaupimo (carbon sequestration) dirvožemyje modeliams kurti ir su tuo tiesiogiai susijusiai globalinei Žemės ekosistemai kaitai prognozuoti, taip pat skelbti tuos duomenis tarptautiniuose leidiniuose.

4. Perskaičiavimas tinkamesnis tarptautinėms duomenų bazėms sudaryti, gamtiniams procesams modeliuoti, organinės medžiagos atsargoms skaičiuoti balko-

važemiuose arba kituose panašaus organinės medžiagos kiekio ir sudėties dirvožemiuose ir mažiau tinkamas mažai organinės medžiagos reikšmėmis besiskirianėse dirvožemio cheminės sudėties pokyčiams vertinti dėl tiriamose priemoniose trumpalaikės štakos.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research forms part of a pilot-project co-ordinated by Prof. M. A. Fullen at The University of Wolverhampton and funded by The Leverhulme Trust (Project F/00630B), U. K.

Gauta 2005 01 27

Literatūra

1. Arlauskienė A., Maikštėnienė S., Ankštinių augalų biologinė vertė // *Ūkio mokslai*. 2001. Nr. 1. P. 22–30.
2. Arlauskienė A., Maikštėnienė S., Ankštinių augalų biomasės šaka dirvožemio agrocheminėms savybėms ir javų agrocenozių produktyvumui // *Ūkio mokslai*. LPI, LPŪU mokslo darbai. 2004. T. 87. P. 87–105.
3. Ball D. F., Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soils // *Journal of Soil Science*. 1964. Vol. 15. P. 84–92.
4. Fullen M. A. Effects of grass ley set-aside on runoff, erosion and organic matter levels in sandy soils in east Shropshire, U. K. // *Soil & Tillage Research*. 1998. Vol. 46. P. 41–49.
5. Fullen M. A. Soil organic matter and erosion processes on arable loamy sand soils in the West Midlands of England // *Soil Technology*. 1991. Vol. 4. P. 19–31.
6. Fullen M. A., Wu Bozhi and Brandsma R. T. A comparison of the texture of grassland and eroded soils from Shropshire, U. K. // *Soil Tillage & Research*. 1998. Vol. 46. P. 301–305.
7. Hagedorn F., Maurer S., Egli P. et al. Carbon sequestration in forest soils of soil type, atmospheric CO₂ enrichment and N deposition // *European Journal of Soil Science*. 2001. Vol. 52. P. 619–628.
8. IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis // Summary for Policy makers / Third Assessment Report. Geneva, Switzerland, 2001. 98 p.
9. Janušienė V., Tyla A., Ūkio granuliometrinės sudėties dirvožemio agrocheminių savybių kitimas ilgalaikiuose lizimetrinuose bandymuose // *Ūkio mokslai*. 1999. Nr. 1. P. 3–9.
10. Jodaugienė D., Motuzas A., Stancevičiū A., Raudonius S., Skirtingas žemės dirbimas ir giliau glėbioko pasotintojo palvažemio humuso kokybė, smulkiadispersė dalis bei jos organinė ir mineralinė sudėtis // *Ūkio mokslai*. 2001. Nr. 4. P. 3–11.
11. Kogut B. M. Transformation of humus status in cultivated Chernozems // *Eurasian Soil Science*. 1998. Vol. 7. P. 721–728.
12. Lal R. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect // *Progress in Environmental Science*. 1999. Vol. 1. P. 307–326.
13. Lal R., Kimble J. M., Follett R. F. and Stewart B. A. (Eds.). *Soil Processes and the Carbon Cycle*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1998. 609 p.
14. LDD, LMA, Ilgalaikiai dirvožemio savybių ir augalų trąšimo bandymai Lietuvoje. Kaunas, 2002. 31 p.
15. Nelson D. W. and Sommers L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter // *ASA Monograph*. No. 9. Part. 2. Page A. L. (Ed.). Madison, Wisconsin USA, 1982. P. 539–579.
16. Olesen J. E. and Bindi M. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy // *European Journal of Agronomy*. 2002. Vol. 16. P. 239–262.
17. Orlov D. S. and Grisina L. A., *Guide in Chemistry of Humus*. MGU, Moscow, 1981. 234 p.
18. Ožeraitienė D., Jovaiša D., Ūkio organinio trąšos poveikis dirvožemio cheminėms ir fizikinėms savybėms intensyvioje linų sėjomainoje // *Ūkio mokslai*. LPI, LPŪU mokslo darbai. 2004. T. 88. P. 74–89.
19. Stote C., Boatman N. D., Borralho R. J. et al. Ecological impacts of arable intensification in Europe // *Journal of Environmental Management*. 2001. Vol. 63. P. 337–365.
20. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT ir paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. Akademija, 2002. 62 p.
21. Torbert H. A., Rogers H. H., Prior S.A. et al. Effects of elevated atmospheric CO₂ in agro-ecosystems on soil carbon storage // *Global Change Biology*. 1997. Vol. 3. P. 513–521.
22. USDA, NRCS, Primary characterisation data // *Soil Survey Laboratory Information Manual*. National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska, 1995. P. 9–133.
23. USDA, NRCS, NSSC, Organic Carbon // *Soil Survey Laboratory Methods Manual / Soil Survey Investigations Report No. 42*. Version 3.0, January 1996. P. 217–225.
24. Van Kessel C., Nitschelm J., Horwath W. R. et al. Carbon-13 input and turnover in a pasture soil exposed to long-term elevated atmospheric CO₂ // *Global Change Biology*. 2000. Vol. 6. P. 123–135.
25. Vario EL III Operating instructions. Iss Febr. 2002.
26. Vleeshouwers L. M. and Verhagen A. Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe // *Global Change Biology*. 2002. Vol. 8. P. 519–530.
27. *Ūkio mokslai*. 1986. 282 n.
28. *Ūkio mokslai*. 1965. 45–58.
29. *Ūkio mokslai*. 1999. 13. C. 156–158.

Benediktas Jankauskas, Alvyra Dlepetienė, Genovaitė Jankauskienė, Michael A. Fullen, Colin A. Booth

COMPARISON OF SOIL ORGANIC MATTER ANALYTICAL METHODOLOGIES AND THE INTERNATIONAL TRANSFER OF DATA

S u m m a r y

Large archive databases of soil organic matter (SOM) and soil organic carbon (SOC) exist in Lithuania and other Central and East European countries. Most of these data were generated using some modifications of the Tiurin method (specifically titrimetric and photometric protocols). However, due to methodological differences between laboratory protocols, difficulties exist in using these data for international ecological and environmental assessments, for joint research projects and for data acceptance in international publications. The scientific pilot project 'Carbon Sequestration in Lithuanian Soils' included an objective to compare the SOM and SOC methodologies, using Eutric Albeluvisols from Lithuania. In total, 92 samples were collected from topsoil (0–20 cm) and subsoil (20–40 cm) horizons of 46 long-term experimental field plots at the Kaltinėnai Research Station of the Lithuanian Institute of Agriculture. These were taken from three field experiments, representative of six land management systems, on slopes with different soil textures (duration of experiments 8 years) and from two monitoring sites representative of four management systems, on slopes of 5–10 and 10–14° (duration 20 years). Each sample was then sub-sampled and the SOM content analysed using various techniques; dry combustion, Walkley-Black, Tiurin photometry, Tiurin titrimetry and loss-on-ignition methods (the latter two performed in parallel in laboratories both in Lithuania and the U. K.). Results indicate important methodological differences among the five SOM analytical protocols, but the data were strongly correlated, the correlation coefficients among the methods ranging from $r = 0.831$ to $r = 0.965$ ($n = 92$, $P < 0.001$). Consequently, a possibility exists to generate transfer data from methods widely used in Eastern Europe to other protocols, using either simple linear regression equations or even conversion coefficients. In this case, paired regression equations and curves are presented, which indicate that the data sets are comparable and appropriate for recalculation. Therefore, employment of this approach will contribute to the harmonization of international SOM data and appraisal of long-term global trends in soil carbon storage.

Key words: Albeluvisols; soil organic matter; methods of: Walkley-Black, loss-on-ignition, dry combustion, Tiurin titrimetric, Tiurin photometric; data conversion

Analizavimas, Būvysta, Aukštesnė, Žemė, Analizavimas, Būvysta, Aukštesnė, Žemė, Analizavimas, Būvysta, Aukštesnė, Žemė

ŪKINIS IR ŽEMŲ ORGANINIO MATERIJO ANALIZAVIMO METODŲ Palyginimas ir duomenų matematinio perskaičiavimo galimybė

Į v e d u s

Didelės archyvo duomenų bazės dirvoje esančios organinės medžiagos (DOM) ir dirvoje esančio organinio anglies (DOA) duomenys yra Lietuvoje ir kitose Centrinėse ir Rytinėse Europos šalyse. Dauguma šių duomenų buvo gauti naudojant Tiurino metodą (konkrečiai titrimetrinius ir fotometrinius protokolus). Tačiau dėl metodologinių skirtumų tarp laboratorinių protokolų, yra sunku naudoti šiuos duomenus tarptautiniams ekologiniams ir aplinkosauginiams vertinimams, bendriems tyrimams ir duomenų priėmimui tarptautiniuose leidiniuose. Mokslinis pilotinis projektas „Anglies sequestracija Lietuvos dirvoje“ turėjo tikslą palyginti DOM ir DOA metodus, naudoti Eutric Albeluvisolus iš Lietuvos. Iš viso surinkta 92 mėginiai iš 46 ilgalaikių eksperimentinių lauko plotų Kaltinėnų tyrimo stotyje Lietuvos žemės ūkio mokslų universitete. Mėginiai paimti iš trijų lauko eksperimentų, atitinkančių šešis žemės ūkio sistemas, skirtingose dirvoje esančių tekstūrų (eksperimentų trukmė 8 metai) ir iš dviejų stebėjimo vietų, atitinkančių keturias žemės ūkio sistemas, skirtingose 5–10 ir 10–14° (trukmė 20 metų) nuolykiuose. Kiekvienas mėginys buvo submėginys ir DOM turinys analizuojamas įvairiais metodais: sauso degimo, Walkley-Black, Tiurino fotometrija, Tiurino titrimetrija ir išdegimo metodais (paskutiniai du atlikti lygiagrečiai laboratorijose Lietuvoje ir Jungtinėje Karalystėje). Rezultatai rodo svarbius metodologinius skirtumus tarp penkių DOM analitinių protokolų, tačiau duomenys yra stipriai koreliuoti, koreliacijos koeficientai tarp metodų svyruoja nuo $r = 0.831$ iki $r = 0.965$ ($n = 92$, $P < 0.001$). Todėl galima generuoti duomenų perdavimo duomenis iš metodų, plačiai naudojamų Rytinėje Europoje, į kitus metodus, naudoti paprastas tiesines regresijos lygtis arba koeficientus. Šiuo atveju pateiktos poriškos regresijos lygtys ir kreivės, kurios rodo, kad duomenų rinkiniai yra lyginami ir tinkami perskaičiavimui. Todėl šio metodo naudojimas prisidės prie tarptautinių SOM duomenų harmonizavimo ir ilgalaikių pasaulinių tendencijų dirvoje esančio anglies saugojime vertinimui.

Šiuo atveju pateiktos poriškos regresijos lygtys ir kreivės, kurios rodo, kad duomenų rinkiniai yra lyginami ir tinkami perskaičiavimui. Todėl šio metodo naudojimas prisidės prie tarptautinių SOM duomenų harmonizavimo ir ilgalaikių pasaulinių tendencijų dirvoje esančio anglies saugojime vertinimui. Todėl šio metodo naudojimas prisidės prie tarptautinių SOM duomenų harmonizavimo ir ilgalaikių pasaulinių tendencijų dirvoje esančio anglies saugojime vertinimui.

Reikšminiai žodžiai: Albeluvisolai; dirvoje esanti organinė medžiaga; metodai: Walkley-Black, išdegimo metodas, sauso degimo metodas, Tiurino titrimetrija, Tiurino fotometrija; duomenų konversija