

I skyrius. ŽEMĖS DIRBIMAS IR AGROCHEMIJA

ISSN 1392-3196

Žemdirbystė. Mokslo darbai, t. 93, Nr. 3 (2006), p. 3-17

UDK 631.816:631.8

LAUKO SĖJOMAINOS PRODUKTYVUMO IR DIRVOŽEMIO AGROCHEMINIŲ SAVYBIŲ SKIRTINGO FOSFORINGUMO IR KALINGUMO DIRVOŽEMIUOSE PRIKLAUSOMUMAS NUO TRĖŠIMO SISTEMŲ

Jonas MAŽVILA¹, Kęstutis RAINYS², Zigmas VAIŠVILA¹,
Jonas ARBAČIAUSKAS¹, Tomas ADOMAITIS¹

¹Lietuvos žemdirbystės institutas
Savanorių pr. 287, Kaunas
El. p. agrolab@agrolab.lt

²Lietuvos žemdirbystės institutas
Naujieji Elmininkai, Anykščių rajonas
El. p. elmininkai@lzi.lt

Santrauka

Anykščių rajono Elmininkų bandymų stoties ūkyje tyrimai daryti moreninio smėlingo priemolio giliau glėjiškame, karbonatingame išplautžemyje. Viena tyrimų plote dirvožemis buvo didelio fosforingumo ir vidutinio kalingumo (P_2O_5 188-247; o K_2O – 112-163 mg), kitame – mažo fosforingumo ir kalingumo (P_2O_5 – 68-98; o K_2O – 80-112 mg kg^{-1}).

Nustatyta, kad daugiausiai apykaitos energijos daug ir mažai augalų maisto medžiagų turinčiuose dirvožemiuose (atitinkamai 73,2 ir 68,8 GJ ha^{-1}) gauta vidutinės NPK trąšų normas koregavus pagal dirvožemio agrocheminius rodiklius. 60 t ha^{-1} mėšlo norma, panaudota bulvėms ir užarti žiemkenčių šiaudai, turėjo tendenciją apykaitos energijos kiekį didinti tik mažo fosforingumo ir kalingumo dirvožemyje – atitinkamai 1,0 ir 0,4 GJ ha^{-1} . Geriausias azoto balansas (artimas nuliui) gautas azoto trąšų normas koregavus pagal pavasarį dirvožemyje esantį mineralinio azoto kiekį. Fosforo balanso atžvilgiu geriausiai apsimokėjo vidutinės trąšų normos, koreguotos pagal judriojo fosforo kiekį, nes didelio fosforingumo dirvožemyje fosforo balansas gautas artimas nuliui arba neigiamas, o dirvožemyje, kur šios augalų maisto medžiagos mažai, su trąšomis fosforo buvo įterpta net 23,6-47,2 kg ha^{-1} daugiau, negu sukaupta augalų derliuje. Geriausias kalio balansas taip pat buvo patrešus vidutinėmis kalio trąšų normomis, koreguotomis pagal dirvožemio agrocheminius rodiklius, nes vidutinio kalingumo dirvožemyje jis buvo artimas nuliui. Tuo tarpu mažo kalingumo dirvožemyje su trąšomis kalio įterpta 26,8 kg ha^{-1} daugiau, negu sukaupta augalų derliuje. Koreliacinis ryšys tarp fosforo balanso ir judriojo fosforo kiekio didelio ir mažo fosforingumo dirvožemiuose gautas atitinkamai $R = 0,85$ ir $R = 0,86$; o tarp kalio balanso ir judriojo kalio kiekio $R = 0,93$ ir $R = 0,82$.

Reikšminiai žodžiai: dirvožemis, tręšimas, apykaitos energija, balansas.

Ivadas

Trąšos, ypač azoto, yra viena iš pagrindinių priemonių sprendžiant gyventojų aprūpinimo maistu problemą /Erisman ir kt., 2005/. Todėl, intensyvėjant žemės ūkio gamybai, su sintetinėmis trąšomis, mėšlu, augalų liekanomis bei sėklomis į dirvožemį patenka vis daugiau ir azoto /Smil, 1999; FAO. FAOSTAT..., 2001/. Deja, azoto trąšos augalų tręšimui dažnai naudojamos neefektyviai. Pavyzdžiui, Rauno ir Džonsono vertinimu, auginant javus, vidutinis azoto trąšų panaudojimo efektyvumas pasaulyje siekia tik 33 % /Raun, Johnson, 1999/. Nepakankamai efektyviai naudojant azoto trąšas, nitratai gali išsiplauti į gruntinius vandenis, teršti upes ir kitus vandens telkinius /Jensen, Hauggaard-Nielsen, 2003; Dobermann, Cassman, 2004/.

Tai tampa aktualu ir mūsų šaliai, nes vis daugiau ūkininkų, siekdami gausaus žemės ūkio augalų derliaus, tręšia didelėmis azoto trąšų normomis, kurios ne visuomet atitinka augalų poreikius ir šio elemento išteklius dirvožemyje. Todėl dažnai neekonomiškai naudojamos trąšos, kyla aplinkos teršimo pavojus, o reikalavimai gamtosaugai ypač padidėjo Lietuvai tapus Europos Sąjungos nare /Directive 91/676/EEC, PARCOM recommendation 92/.

Vienos iš svarbiausių trąšų panaudojimo efektyvumo priemonių yra dirvožemio ir augalų tyrimų rezultatų naudojimas planuojant augalų tręšimą mineralinėmis ir organinėmis trąšomis /Freney, 2005/. Deja, šiuo metu mūsų šalyje nemaža dalis ūkininkų ir žemės ūkio bendrovių, neturėdami dirvožemio agrocheminio tyrimo medžiagos, žemės ūkio augalus tręšia vidutinėmis mineralinių trąšų normomis /Lietuvos dirvožemių..., 1998/. Tačiau gamtosaugos ir ekonominiu požiūriais ne visuomet racionalu šiomis normomis augalus tręšti, todėl jos koreguojamos pagal dirvoje esančius maisto medžiagų kiekius: azoto – pagal mineralinį azotą, o fosforo ir kalio – pagal judriuosius fosforą ir kalį /Lauko, sodo..., 1983/. Tačiau šis metodas tinka tik tuomet, kai tinkamai įvertinamas dirvoje esančių augalų maisto medžiagų efektyvumas /Becker, Aufhammer, 1982; Aolsteinsson, Jensen, 1990/.

Lietuvoje ir kitose šalyse atliktais tyrimais nustatyta, kad nuo mineralinio azoto kiekio dirvožemyje priklauso žemės ūkio augalų derlius ir azoto trąšų efektyvumas /Becker, Aufhammer, 1982; Neeteson ir kt., 1988; Mattsson, 1990; Lazauskas ir kt., 1996/. Atsižvelgiant į tai, mažiau azotinguose dirvožemiuose azoto trąšų augalams reikėtų skirti daugiau, o didėjant dirvožemio azotinumui, šių trąšų kiekis turėtų būti mažinamas / Mattsson, 1990; Lazauskas ir kt., 1996/.

Judrieji fosforas ir kalis, kaip ir mineralinis azotas, lemia ne tik žemės ūkio augalų derlių, bet ir mineralinių trąšų veiksmingumą /Neeteson ir kt., 1988; Aolsteinsson, Jensen, 1990; Greenwood, Karpinets, 1997/. Be to, nuo mitybos šiomis medžiagomis priklauso ne tik fosforo ir kalio junginių, bet ir nitratų išsiplovimo intensyvumas į gruntinius vandenis /Vaišvila, 1996/.

Dažnai, siekiant gauti planuojamą žemės ūkio augalų derlių, trąšų normos nustatomos ir balansiniu metodu, atsižvelgiant į maisto medžiagų poreikį pro-

dukcijos vienetui užauginti ir jų sunaudojimo iš trąšų ir dirvožemio pataisos koeficientus /Švedas, 1993/.

Lietuvoje sėjomainos augalai dažnai tręšiami mažomis azoto trąšų normomis, o fosforo ir kalio skiriama tik labai reikliems šioms maisto medžiagoms augalams, kaip žiemkenčiams, kaupiamiesiems, pirmųjų naudojimo metų daugiametėms žolėms.

Be to, mažo humusingumo dirvose didelę reikšmę, didinant žemės ūkio augalų derlių, turi organinės trąšos /Mežals, 1997; Plesevičienė ir kt., 1997; Tripolskaja, Greimas, 1998/. Pastaraisiais metais, sumažėjus gyvulių skaičiui, mažiau jų sukaupiama. Greta kitų priemonių, skatinančių organinių medžiagų gausinimą dirvožemyje yra šiaudų panaudojimas /Bartaševič, 1987; Tubalcev, 1987/. Tačiau Lietuvoje šiuo klausimu tyrimų yra nepakankamai. Todėl šiame darbe pateikiame ir duomenis apie žieminių kviečių šiaudų, panaudotų tręšimui, veiksmingumą bulvių ir po jų augintų vasarinių miežių derliui.

Tyrimų tikslas – daug ir mažai maisto medžiagų turinčiuose dirvožemiuose nustatyti skirtingų žemės ūkio augalų tręšimo sistemų poveikį apykaitos energijos kiekiui, maisto medžiagų balansui ir dirvožemio agrocheminėms savybėms lauko sėjomainoje.

Tyrimų sąlygos ir metodai

Anykščių rajono Elmininkų bandymų stoties ūkyje tyrimams parinkti du plotai – viename iš jų dirvožemis buvo didelio fosforingumo ir vidutinio kalingumo (P_2O_5 188-247; o K_2O – 112-163 mg, kitame – šių augalų maisto medžiagų buvo mažai (P_2O_5 – 68-98; o K_2O – 80-112 mg kg^{-1}). Dirvožemiai bandymų plotuose – giliau glėjiški, karbonatingi išplautžemiai. Armens granulimetrinė sudėtis – moreninis, smėlingas lengvas priemolis. Podirvyje – B horizonte, dažniausiai iki 60-80 cm gylio yra moreninis vidutinio sunkumo ar lengvas priemolis, giliau moreninis, lengvas priemolis. Bandymai daryti 2001-2005 m., augalus auginant penkialaukėje sėjomainoje: I naudojimo metų daugiametės žolės, II naudojimo metų daugiametės žolės, žieminiai kviečiai, bulvės ir vasariniai miežiai su daugiamečių žolių įsėliu.

Tyrimai daryti pagal vieningą schemą: 1 variantas – be trąšų; 2-5 variantuose – sutrumpinta Vagnerio schema (2 variante augalai tręšiami tik PK, 3 – NP; 4 – NK, o 5 – NPK trąšų vidutinėmis normomis), tręšiant atskirų trąšų normomis.

Mažomis NPK trąšų normomis tręšti 6 varianto laukeliai. Palyginus su 5 variantu, šeštojo normos sumažintos atitinkamai taip: azoto – 25 %, fosforo – 50 %, o kalio – 40 %; 7 varianto laukeliai tręšti tik azoto trąšomis; 8-ame variante 5-ojo trąšų normos koreguotos pagal dirvožemyje esantį mineralinio azoto ir judriųjų fosforo bei kalio kieki; 9 – trąšų normos, tręšiant mėšlu, planuojamam derliui gauti apskaičiuotos balansiniu metodu, naudojant A. Švedo ir P. Tarakanovo sukurtą kompiuterinę programą planuojamam žemės ūkio augalų derliui užauginti; 10 – NPK trąšų normos planuojamam derliui užauginti apskaičiuotos balanso metodu, netręšiant mėšlu; 11 – žemės ūkio augalai tręšti tik vidutinėmis mineralinių NPK trąšų normomis (be mėšlo); 12 varianto laukeliuose, nupjovus žieminius kviečius,

jų šiaudai paskleisti dirvos paviršiuje, 100 kg šiaudų papildomai išbėrus 1 kg veikliosios medžiagos azoto, su kuria kasmet įterpta N, P₂O₅ ir K₂O atitinkamai vidutiniškai 19, 7 ir 17 kg ha⁻¹ (didelio fosforingumo ir vidutinio kalingumo dirvožemyje) ir 15, 6 bei 13 kg ha⁻¹ – mažo fosforingumo ir kalingumo dirvožemyje (1 lentelė). Be to, 2-9 variantų laukeliuose bulvėms iš rudens buvo iškratyta 60 t ha⁻¹ mėšlo, su kuriuo kasmet augalams teko N, P₂O₅ ir K₂O atitinkamai vidutiniškai 60, 30 ir 72 kg ha⁻¹.

1 lentelė. Vidutinės metinės žemės ūkio augalų tręšimo normos lauko sėjomainoje
Table 1. Average annual fertilization rates for agricultural crops in the field crop rotation

Varianto Nr. <i>Treatment No.</i>	Daug maisto medžiagų turintis dirvožemis / <i>Soil high in nutrients</i>			Mažai maisto medžiagų turintis dirvožemis / <i>Soil lowmin nutrients</i>		
	Tręšimo normos kg ha ⁻¹ / <i>Fertilization rates kg ha⁻¹</i>					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0	0	0	0
2*	0	60	78	0	60	78
3*	51	60	0	51	60	0
4*	51	0	78	51	0	78
5*	51	60	78	51	60	78
6*	39	30	42	39	30	42
7*	51	0	0	51	0	0
8*	47	18	39	47	54	65
9*	29	12	29	12	47	40
10	50	14	48	26	56	62
11	51	60	78	51	60	78
12**	51	60	78	51	60	78

* - įterpta 60 t ha⁻¹ mėšlo / *incorporated 60 t ha⁻¹ of farmyard manure*

** - užarti žieminių kviečių šiaudai / *ploughed in winter wheat straw*

Bendras bandymų laukelio plotas 72 m² (12×6). Variantų pakartojimai – keturi.

Dirvožemio ėminiai pH ir jūdiųjų fosforo bei kalio kiekiui nustatyti imti prieš pradėdant sėjomainos rotaciją ir ją užbaigus, iš visų bandymų laukelių 0-20 cm sluoksnio. Be to, NPK trąšų normų skaičiavimui pagal dirvožemio agrocheminius rodiklius bei balanso metodu (8, 9 ir 10 variantai) ėminiai iš minėto sluoksnio buvo imami kasmet, prieš augalų tręšimą.

Mineralinio azoto kiekiui nustatyti ėminiai imti kasmet, prieš augalų tręšimą azotu iš 1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11 ir 12 variantų, 0-40 ir 0-60 cm dirvožemio sluoksnių.

Dirvožemio pH nustatytas kalio chlorido ištraukoje elektrometriniu metodu su stiklo elektrodu; N-NO₃ – kolorimetriniu metodu, panaudojant hidrazinsulfatą ir sulfaniamidą; N-NH₄ – kolorimetriniu metodu, naudojant natrio fenoliatą ir natrio

hipochloritą; judrieji fosforas ir kalis – A-L metodu. Dirvožemyje ir trąšose esantis fosforo ir kalio kiekis išreikštas oksidais – P_2O_5 ir K_2O .

Augalų pagrindinėje ir šalutinėje produkcijoje azotas (N) nustatytas pagal Kjeldalį, fosforas (P) – vanadato-molibdatiniu metodu, kalis (K) – liepsnos fotometru.

Meteorologinės sąlygos tyrimų metais buvo nevienodos. Nepalankios augalams jos buvo 2002 ir 2004 metais, nes kritulių balandžio mėnesį iškrito atitinkamai 18,4 ir 20,2 mm mažiau už daugiametę normą. Kitais tyrimų metais meteorologinės sąlygos buvo artimos daugiamečiam vidurkiui.

Augalų derlius įvertintas apykaitos energija $GJ ha^{-1}$ /Jankauskas ir kt., 1999/.

Duomenų statistinis patikimumas apskaičiuotas dispersijos, o jo priklausomumas nuo mineralinių trąšų – koreliacinės-regresinės analizės metodu /Tarakanovas, 1999/.

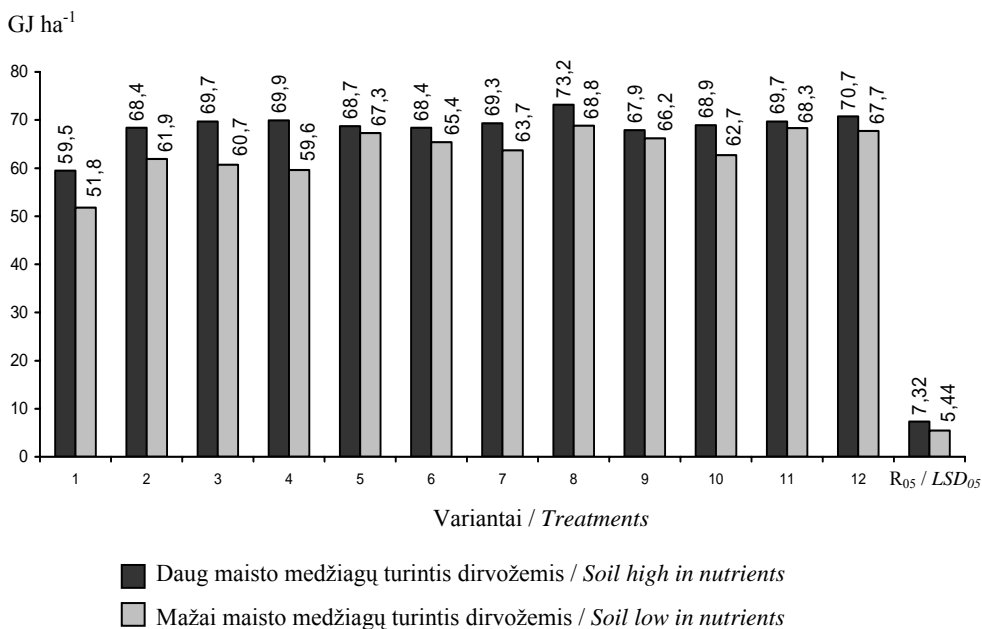
Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Lauko sėjomainos produktyvumas. Atliktų tyrimų duomenimis, daug augalų maisto medžiagų turinčiame dirvožemyje apykaitos energijos kasmet netreštuose laukeliuose (variantas Nr.1) gauta vidutiniškai $59,5 GJ ha^{-1}$, o šių augalų maisto medžiagų esant mažai, apykaitos energijos gauta mažiau – $51,8 GJ ha^{-1}$ (1 pav.). Tačiau didelio fosforingumo ir kalingumo dirvožemyje nuo fosforo ir kalio trąšų apykaitos energijos kiekis nepadidėjo, o dirvožemyje šių augalų maisto medžiagų esant mažai, nuo fosforo ir kalio trąšų iš esmės padidėjo apykaitos energijos – atitinkamai $7,7$ ir $6,6 GJ ha^{-1}$.

Nors apykaitos energijos derliaus skirtumai tarp bandymų variantų kartais gauti nepatikimi, tačiau didelio ir mažo fosforingumo dirvožemyje daugiausia (atitinkamai $73,2$ ir $68,8 GJ ha^{-1}$) apykaitos energijos gauta vidutinės NPK trąšų normas koregavus pagal dirvožemio agrocheminius rodiklius (Nr. 8). Didelio fosforingumo ir kalingumo dirvožemyje lauko sėjomainos produktyvumas nesumažėjo, palyginus su vidutinėmis NPK trąšų normomis ir augalus patrešus sumažintomis šių trąšų normomis ir netgi tik azoto trąšomis. Tik dirvožemyje, kur augalų maisto medžiagų yra mažai, sumažinus mineralinių NPK trąšų normas (Nr. 6) pastebima, kad sėjomainos produktyvumas turėjo tendenciją mažėti $1,9 GJ ha^{-1}$, palyginus su vidutinėmis trąšų normomis (Nr. 5). Azoto, fosforo ir kalio trąšų normas apskaičiavus balanso metodu (Nr. 9 ir Nr. 10), apykaitos energijos dažniausiai gauta tiek pat, o mažo fosforingumo ir kalingumo dirvožemyje, netrešiant mėšlu, netgi $4,6 GJ ha^{-1}$ mažiau, negu patrešus vidutinėmis šių trąšų normomis. $60 t ha^{-1}$ mėšlo norma, panaudota bulvėms bei užarti žiemkenčių šiaudai turėjo tendenciją didinti apykaitos energijos kiekį atitinkamai $1,0$ ir $0,4 GJ ha^{-1}$ tik mažo fosforingumo ir kalingumo dirvožemyje.

Mineralinis azotas. Besivystančiose pasaulio šalyse, norint pagerinti žmonių aprūpinimą maistu, siekiama pagerinti maisto medžiagų balansą dirvožemyje ir taip sulėtinti dirvožemio derlingumo mažėjimą, o išsivysčiusiose šalyse daugiau dėmesio skiriama aplinkos kokybei, ypač didėjančiai vandenų taršai fosforo

junginiais ir nitratais /Ishervood, 1998/. Todėl svarbu taikyti tokią tręšimo sistemą, kad augalai gautų pakankamai maisto medžiagų ir nebūtų teršiama gamta.

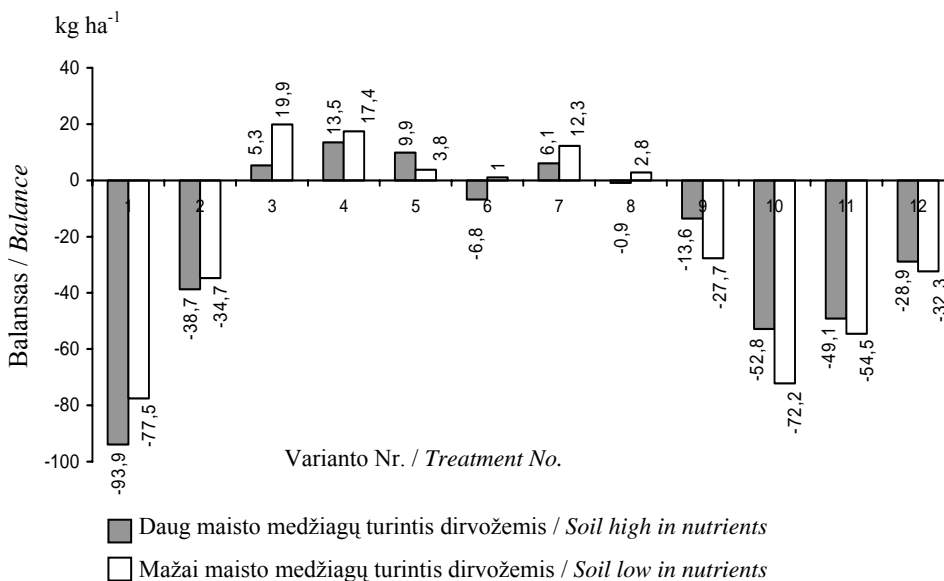


1 paveikslas. Tręšimo įtaka lauko sėjomainos produktyvumui

Figure 1. The effect of fertilization on the productivity of the field crop rotation
Elmininkai, 2001-2005

Palankiausias azoto balansas (artimas nuliui) gautas azoto trąšų normas koregavus pagal pavasarį mineralinio azoto kiekį, esantį dirvožemyje (Nr. 8) (2 pav.). Tai reiškia, kad augalus tręšiant šiuo metodu apskaičiuotomis trąšų normomis, augalams azoto išberiama beveik tiek pat, kiek jie sunaudoja, todėl sumažėja vandenų teršimo nitratais rizika. Artimas nuliui azoto balansas gautas ir augalus patręšus minimaliomis azoto, fosforo ir kalio trąšų normomis (Nr.6). Augalus tręšiant tik azoto ir fosforo (Nr. 3), fosforo arba azoto ir kalio trąšomis (Nr.4), kai vieną kartą sėjomainoje įterpiama 60 t ha⁻¹ mėšlo, jau pastebima likutinio azoto kaupimosi tendencija, nes azoto balansas gautas teigiamas.

Tačiau trąšų normas apskaičiavus balanso metodu, ypač mėšlu netręštuose laukeliuose (Nr. 10), azoto augalų mitybai galėjo trūkti, nes šio elemento balansas dirvožemyje gautas neigiamas. Lauko sėjomainoje įterpus žieminių kviečių šiaudus (Nr. 12), neigiamą azoto balansą kompensuoti pavyko tik iš dalies.



2 paveikslas. Azoto balansas dirvožemyje

Figure 2. Nitrogen balance in the soil

Elmininkai, 2001-2005

Atlikus tyrimų duomenų matematinę analizę nustatyta, kad azoto balansui esant artimam nuliui arba neigiamam, mineralinio azoto kiekis dirvožemyje pava-sari, prieš augalų sėją ar jų vegetacijos atsinaujinimą nuo azoto trąšų normų nepriklausė (2 lentelė).

2 lentelė. Mineralinio azoto kiekio dirvožemyje mg kg⁻¹ (y) priklausomumas nuo dviejų dešimtadienių meteorologinių sąlygų (x)

Table 2. The relationship between the amount of mineral nitrogen in the soil mg kg⁻¹ (y) and the weather conditions (x) of the two ten-day periods

Veiksniai Factors	Gylis Depth cm	Lygties $y=a+bx+cx^2$ koeficientai Equation $y=a+bx+cx^2$ coefficients			R	n
		a	b	c		
Oro temperatūra Air temperature	0-40	7,20	0,303	0,000921	0,45	60
	0-60	6,50	0,284	-0,00253	0,41	60
Kritulių kiekis Rainfall	0-40	13,07	-0,242	0,00270	0,66	60
	0-60	11,95	-0,238	0,00273	0,71	60
Azoto trąšų normos Nitrogen fertilizer rates	0-40	9,51	0,00377	0,0000341	0,23	60
	0-60	8,48	0,00489	0,0000193	0,21	60

Tačiau nustatytas patikimas dirvožemyje esančio mineralinio azoto koreliacinis ryšys su dviejų dešimtadienių meteorologinėmis sąlygomis – oro temperatūra ir kritulių kiekiu. Mineralinio azoto kiekio priklausymo nuo oro temperatūros koreliacinio ryšio tamprumas gautas $R = 0,41-0,45$; $n = 60$; o nuo kritulių kiekio – $R = 0,66-0,71$; $n = 60$.

Pavasarių dirvožemyje esančio mineralinio azoto kiekio priklausomumą nuo oro temperatūros apskaičiavus pagal daugianarės regresijos lygtį, ryšys gautas labai tamprus – $R = 0,71-0,74$; $n = 60$ (3 lentelė).

3 lentelė. Mineralinio azoto kiekio dirvožemyje mg kg^{-1} (y) priklausomumas nuo dviejų dešimtadienių vidutinės oro temperatūros (x_1) ir kritulių kiekio (x_2) bei jų sąveikos

Table 3. The relationship between the amount of mineral nitrogen in the soil mg kg^{-1} (y) and the air temperature (x_1) and amount of rainfall (x_2) and their interaction during the two ten-days periods

Gylis cm Depth cm	Lygties $y=a+a_1x_1+a_2x_2+a_3x_1^2+a_4x_2^2+a_5x_1*x_2$ koeficientai Equation $y=a+a_1x_1+a_2x_2+a_3x_1^2+a_4x_2^2+a_5x_1*x_2$ coefficients						R	n
	a	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅		
0-40	1,79	1,868	0,170	-0,0706	-0,00051	-0,0353	0,71	60
0-60	5,75	1,242	-0,0420	-0,0613	0,00121	-0,0173	0,74	60

Judrusis fosforas. Gerai augalų mitybai reikalingas pakankamas visų mitybos elementų kiekis dirvožemyje. Nustatyta, kad judriųjų fosforo ir kalio dirvožemyje esant daugiau kaip 200 mg kg^{-1} , trąšos yra mažai efektyvios, todėl augalų nesunaudotos maisto medžiagos gali išsiplauti iš dirvožemio ir teršti gamtą. Tuo tarpu mažo fosforingumo ir kalingumo dirvožemyje augalus tręšiant tik azoto trąšomis, žymiai padidėja nitratų iššiplovimas į gruntinius vandenius, gaunamas mažas augalų derlius /Vaišvila, 1996; Goulding, 2000/. Todėl reikalinga įvertinti ir fosforo bei kalio balansą, kad būtų palaikomas optimalus ($150-200 \text{ mg kg}^{-1}$) šių elementų kiekis dirvožemyje.

Mūsų tyrimais nustatyta, kad fosforo balanso atžvilgiu geriausiai apsimekėjo augalus tręšti vidutinėmis trąšų normomis (Nr. 5), koreguotomis pagal dirvožemio agrocheminius rodiklius (Nr. 8) arba balanso metodu (Nr. 9 ir Nr. 10) (4 lentelė).

Žemės ūkio augalus patrešus minėtais metodais apskaičiuotomis fosforo trąšų normomis, didelio fosforingumo dirvožemyje fosforo balansas gautas artimas nuliui arba neigiamas, o dirvožemyje, kur šios augalų maisto medžiagos yra mažai, fosforo buvo įterpta net $23,6-47,2 \text{ kg ha}^{-1}$ daugiau, negu sukaupia augalų derliuje. Tai leidžia optimizuoti judriojo fosforo kiekį, esantį dirvožemyje. Tuo tarpu augalus patrešus vidutinėmis, pagal dirvožemio agrocheminius rodiklius nekoreguotomis fosforo trąšų normomis (Nr. 5), didelio ir mažo fosforingumo dirvožemiuose šio elemento balansas gautas beveik vienodas – su trąšomis fosforo įterpta $54,8-55,9 \text{ kg ha}^{-1}$ daugiau, negu sukaupia augalų derliuje. Mažo fosforingumo dirvože-

myje tai įgalina padidinti judriojo fosforo kiekį, tačiau dirvožemyje, kur šio elemento daug, kyla gamtos teršimo pavojus.

4 lentelė. Skirtingų tręšimo sistemų įtaka judriojo fosforo balansui ir kiekiui dirvožemyje

Table 4. The effect of different fertilization systems on the balance and amount of mobile phosphorus in the soil

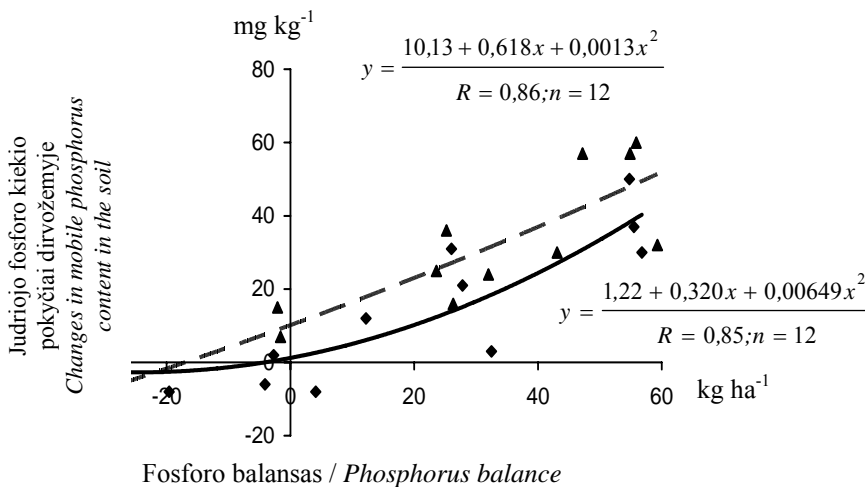
Elmininkai, 2001-2005

Varianto Nr. <i>Treatment No.</i>	Daug maisto medžiagų turintis dirvožemis <i>Soil high in nutrients</i>				Mažai maisto medžiagų turintis dirvožemis <i>Soil low in nutrients</i>				
	balansas <i>balance</i> $kg\ ha^{-1}$	P ₂ O ₅ kiekis dirvožemyje <i>amount of P₂O₅ in the soil</i>			balansas <i>balance</i> $kg\ ha^{-1}$	P ₂ O ₅ kiekis dirvožemyje <i>amount of P₂O₅ in the soil</i>			
		2001	2005	±		2001	2005	±	
	mg kg ⁻¹								
1	-27,4	188	193	5	-27,6	86	79	-7	
2	56,8	238	288	30	54,9	76	133	57	
3	55,5	243	280	37	59,3	98	130	32	
4	-4,1	212	206	-6	-2,1	72	87	15	
5	54,8	247	297	50	55,9	68	128	60	
6	26,0	207	238	31	26,3	74	90	16	
7	-2,7	198	200	2	-1,6	77	84	7	
8	12,2	221	233	12	47,2	69	126	57	
9	4,1	248	240	-8	43,1	76	106	30	
10	-19,6	236	228	-8	23,6	77	102	25	
11	27,8	231	252	21	25,2	79	115	36	
12	32,5	240	243	3	32,0	92	116	24	
R ₀₅		31,4				33,7			
LSD ₀₅		31,4				33,7			

Vertinga fosforo trąša yra mėšlas, nes vieną kartą sėjomainoje įterpus jo 60 t ha⁻¹, fosforo balansas dirvožemyje beveik išsilygino netgi mineralinėmis fosforo trąšomis netręštuose laukuose (Nr. 1, Nr. 4, Nr. 7).

Augalus patręšus fosforo trąšų normomis, koreguotomis pagal dirvožemio agrocheminius rodiklius (Nr.8), didelio fosforingumo dirvožemyje judriojo fosforo kiekis beveik nepasikeitė arba turėjo tendenciją mažėti, o dirvožemyje, kur šio elemento mažai, šios augalų maisto medžiagos kiekis padidėjo 25-57 mg kg⁻¹. Tuo tarpu patręšus vidutinėmis fosforo trąšų normomis, judriojo fosforo kiekis mėšlu netręštuose laukuose (Nr.11) didelio ir mažo fosforingumo dirvožemyje padidėjo atitinkamai 21 ir 36 mg kg⁻¹, o mėšlu tręštuose (Nr.5) – 50 ir 60 mg kg⁻¹. Be to, mėšlu tręštuose laukuose judriojo fosforo kiekis turėjo tendenciją didėti 16-31 mg kg⁻¹, net sumažintomis mineralinių trąšų normomis (Nr.6) tręštuose laukuose.

Judriojo fosforo kiekio pokyčius dirvožemyje per sėjomainos rotaciją galima apskaičiuoti naudojantis 4 pav. pateiktomis regresijos lygtimis.



- ◆ Didelio fosforingumo dirvožemis / Soil high in phosphorus
- ▲ Mažo fosforingumo dirvožemis / Soil low in phosphorus

4 paveikslas. Fosforo balansas ir judriojo fosforo kiekis dirvožemyje
Figure 4. Phosphorus balance and the amount of mobile phosphorus in the soil

Šio elemento kiekių pokyčiai dirvožemyje per sąjomainos rotaciją labai ($R = 0,85$; $n = 12$ – didelio fosforingumo dirvožemyje ir $R = 0,86$; $n = 12$ – mažo fosforingumo dirvožemyje) priklausė nuo šio elemento balanso.

Judrusis kalis. Tyrimų duomenys rodo, kad kalio balanso atžvilgiu geriausiai apsimokėjo augalus tręšti mineralinėmis kalio trąšomis, apskaičiuotomis pagal dirvožemio agrocheminius rodiklius (Nr. 8) (5 lentelė).

Žemės ūkio augalus patręšus šiuo metodu apskaičiuotomis trąšų normomis, vidutinio kalingumo dirvožemyje balansas gautas artimas nuliui, o mažo kalingumo dirvožemyje su trąšomis kalio įterpta $26,8 \text{ kg ha}^{-1}$ daugiau, negu sukaupta derliuje. Taip augalus patręšus, judriojo kalio kiekis vidutinio kalingumo dirvožemyje beveik nepasikeitė, o kai dirvožemyje kalio mažai, jo padidėjo 21 mg kg^{-1} . Tuo tarpu augalus patręšus vidutinėmis NPK trąšų normomis, neatsižvelgiant į dirvožemio agrocheminius rodiklius (Nr. 5), didoko ir mažesnio kalingumo dirvožemiuose kalio buvo įterpta $37,5\text{-}50,0 \text{ kg ha}^{-1}$ daugiau, negu sukaupta augalų derliuje. Todėl, nepriklausomai nuo jų kalingumo, judriojo kalio kiekis tirtuose dirvožemiuose padidėjo $50\text{-}54 \text{ mg kg}^{-1}$.

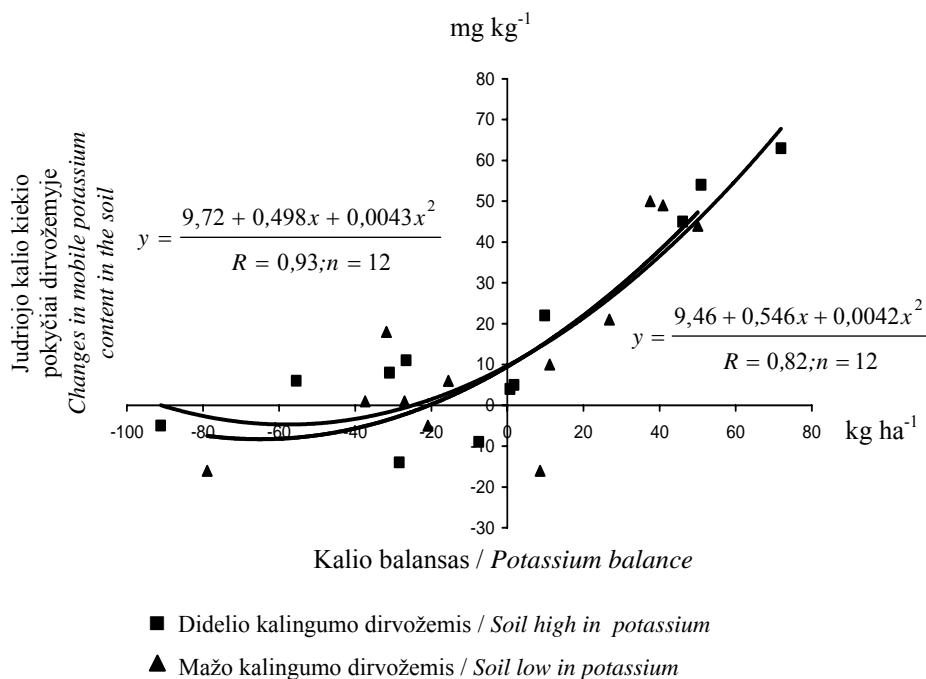
5 lentelė. Skirtingų tręšimo sistemų įtaka judriojo kalio kiekiui dirvožemyje
Table 5. The effect of the different fertilization systems on the amount of mobile potassium in the soil

Elmininkai, 2001-2005

Varianto Nr. Treatment No.	Daug maisto medžiagų turintis dirvožemis <i>Soil high in nutrients</i>				Mažai maisto medžiagų turintis dirvožemis <i>Soil low in nutrients</i>			
	Balansas <i>Balance</i> <i>kg ha⁻¹</i>	K ₂ O kiekis dirvožemyje <i>Amount of K₂O in the soil</i>			Balansas <i>Balance</i> <i>kg ha⁻¹</i>	K ₂ O kiekis dirvožemyje <i>Amount of K₂O in the soil</i>		
		2001	2005	±		2001	2005	±
	mg kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
1	-91,1	112	107	-5	-78,9	108	92	-16
2	46,1	157	202	45	40,9	94	143	49
3	-28,4	135	121	-14	-20,9	102	97	-5
4	71,9	159	222	63	50,0	107	151	44
5	50,9	159	213	54	37,5	80	130	50
6	9,8	126	148	22	11,1	90	100	10
7	-31,0	124	132	8	-27,0	104	105	1
8	1,7	159	164	5	26,8	98	119	21
9	0,7	163	167	4	8,6	122	106	-16
10	-55,5	145	151	6	-37,4	104	105	1
11	-26,6	143	154	11	-31,8	87	105	18
12	-7,5	145	136	-9	-15,5	96	102	6
R ₀₅								
LSD ₀₅				34,3				24,6

Judriojo kalio kiekio pokyčius dirvožemyje lauko sėjomainoje per penkerius metus galima prognozuoti pagal 5 paveiksle pateiktas regresijos lygtis. Vidutinio kalingumo dirvožemyje koreliacinis ryšys tarp judriojo kalio pokyčių dirvožemyje ir kalio balanso gautas $R = 0,93$; $n = 12$, o mažo kalingumo dirvožemyje – $R = 0,82$; $n = 12$.

Gausiai kalio į dirvožemį pateko su organinėmis trąšomis. Tyrimų duomenys rodo, kad augalus patręšus vidutinėmis kalio trąšų normomis be mėšlo (Nr. 11), vidutinio kalingumo dirvožemyje kalio buvo įterpta 26,6; o mažo kalingumo dirvožemyje – 31,8 kg ha⁻¹ mažiau, negu vidutiniškai sukaupta augalų derliuje. Tačiau papildomai vieną kartą sėjomainoje įterpus 60 t ha mėšlo, vidutinio ir mažo kalingumo dirvožemiuose su trąšomis kalio jau buvo įterpta atitinkamai 50,9 ir 37,5 kg ha⁻¹ daugiau, negu sukaupta augalų derliuje (Nr. 5). Nemažai kalio į dirvožemį patenka ir užariant javų šiaudus, todėl vieną kartą sėjomainoje užarus žieminių kviečių šiaudus ir patręšus vidutinėmis kalio trąšų normomis, kalio balansas dirvožemyje beveik išsilygino (Nr. 12).



5 paveikslas. Kalio balansas ir judriojo kalio kiekių pokyčiai dirvožemyje per sėjomainą

Figure 5. Potassium balance and changes in mobile potassium contents in the soil per rotation

Išvados

1. Daugiausiai apykaitos energijos daug ir mažai augalų maisto medžiagų turinčiuose dirvožemiuose (atitinkamai 73,2 ir 68,8 GJ ha⁻¹) gauta vidutinės NPK trąšų normas koregavus pagal dirvožemio agrocheminius rodiklius.

2. 60 t ha⁻¹ mėšlo norma, panaudota bulvių tręsimui ir užarti žiemkenčių šiaudai, turėjo tendenciją didinti (atitinkamai 1,0 ir 0,4 GJ ha⁻¹) apykaitos energijos kieki tik mažo fosforingumo ir kalingumo dirvožemyje.

3. Geriausias azoto balansas (artimas nuliui) gautas azoto trąšų normas koregavus pagal pavasarį dirvožemyje esantį mineralinio azoto kiekį.

4. Azoto balansui esant artimam nuliui arba neigiamam, mineralinio azoto kiekis dirvožemyje pavasarį nuo azoto trąšų normų nepriklausė, tačiau nuo dviejų dešimtadienių vidutinės oro temperatūros ir kritulių kiekio – 0-40 ir 0-60 cm dirvožemio sluoksnyje koreliacinis ryšys gautas atitinkamai R = 0,71 ir R = 0,74.

5. Fosforo balanso atžvilgiu geriausiai pasiteisino vidutinės trąšų normos, koreguotos pagal judriojo fosforo kiekį, nes didelio fosforingumo dirvožemyje fosforo balansas gautas artimas nuliui arba neigiamas, o dirvožemyje, kur šios augalų

maisto medžiagos mažai, su trąšomis fosforo buvo įterpta net 23,6-47,2 kg ha⁻¹ daugiau, negu sukaupta augalų derliuje. Tarp fosforo balanso ir judriojo fosforo kiekių dirvožemyje nustatytas stiprus ryšys – R = 0,85-0,96.

6. Geriausias kalio balansas taip pat buvo patęšus vidutinėmis kalio trąšų normomis, koreguotomis pagal dirvožemio agrocheminius rodiklius, nes vidutinio kalingumo dirvožemyje jis gautas artimas nuliui, o mažo kalingumo dirvožemyje su trąšomis kalio įterpta 26,8 kg ha⁻¹ daugiau, negu sukaupta augalų derliuje. Ryšys tarp kalio balanso ir judriojo kalio kiekių dirvožemyje nustatytas tamprus – R = 0,82-0,93.

Gauta 2006 07 14

Pasirašyta spaudai 2006 09 25

LITERATŪRA

1. Aoaisteinsson S., Jensen P. Influence of temperature on root development and phosphate influx in winter wheat grown at different P levels // *Physiologia plantarum*. - 1990, vol.80, p.69-74

2. Барташевич В. И. Применение соломы в качестве удобрения и урожайность сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях // Пути повышения урожайности полевых культур. - Минск, 1987, No. 18, s. 90-95. - Rus.

3. Becker F.A., Aufhammer W. Nitrogen fertilization and methods of predicting the N requirements of winter wheat in the Federal Republic of Germany // *Symp. on fertilizers and intensive production in the EEC*. - London, 1982, p. 35-65

4. Dobermann A., Cassman K.G. Environmental dimensions of fertilizer nitrogen: What can be done to increase nitrogen use efficiency and ensure global food security? // *Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the Impacts of Fertilizer Use on Food Production and the Environment* (Mosier A.R., Syers J.K., Freney J.Red.). - Washington DC: Island Press, USA, 2004, p.261-278

5. Erisman J.W., Domburg N., de Vries W. et al. The Dutch N – cascade in the European perspective // *Science in China. Ser. C. Life Sciences*. - 2005, vol.48, p. 827-842

6. Global estimates of gaseous emissions of NH₃, NO and N₂O from agricultural land / IFA/FAO. - Rome, 2001. - 106 p.

7. Freney J. R. Options for reducing the negative effects of nitrogen in agriculture // *Science in China. Ser.C. Life Sciences*. - 2005, No.48, p.861-870

8. Goulding K.W.T., Poulton P.R., Webster C.P., Howe M.T. Nitrate leaching in the Broadbalk Wheat Experiment, Rothamsted, UK, as influenced by fertiliser and manure inputs and the weather // *Soil Use Management*. - 2000, vol. 16, p. 244-250

9. Greenwood D.J., Karpinets T.V. Dynamic model for the effect of K-fertilizer on crop growth, K-uptake and soil – K in arable cropping. Field test of the model // *Soil Use and Management*. - 1997, vol.13, p.184-189

10. Isherwood K.F. Good fertilizer practice and balanced fertilization: a global overview. Codes of Good Fertiliser Practice and Balanced Fertilization // *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*. - 1998, t. 3, 158-170

11. Jankauskas B., Jankauskienė G., Švedas A. Derliaus energetinio įvertinimo metodų patikslinimas // Lietuvos žemdirbystės instituto užbaigtų tiriamųjų darbų konferencijos pranešimai. - Akademija (Kėdainių r.), 1999, Nr.31, p. 63-65

12. Jensen E.S., Hauggaard-Nielsen H. How can increased use of biological N₂ fixation in agriculture benefit the environment? // *Plant Soil*. - 2003, p. 252, 177-186

13. Lauko, sodo ir daržo kultūrų tręšimas ir rūgščių dirvų kalkinimas. - Vilnius, 1983, p.18-19
14. Lazauskas S., Vaišvila Z., Matusevičius K. ir kt. Azoto trąšų efektyvumo miežiams priklausomumas nuo mineralinio azoto kiekio dirvožemyje // Žemdirbystė: mokslo darbai. - Dotnuva-Akademija, 1996, t. 50, p. 41-53
15. Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita / sudaryt. J. Mažvila. - Kaunas, 1998. - 193 p.
16. Mattsson L. Effect of the inorganic soil nitrogen level on fertilizer nitrogen requirements by spring barely grown on regular manured soils // Swedish Journal Agriculture Research. - 1990, p. 141-145
17. Межалс Г. Моделирование о составе гумуса главных типов минеральных почв Латвии // Mokslinės konferencijos, skirtos Lietuvos dirvožemininkų draugijos 40-mečiui, pranešimai. - Kaunas, 1997, p.97-100. - Rus.
18. Neeteson J.J, Greenwood D.J., Draycott A. A dynamic model to predict yield and optimum nitrogen fertilizer application rate for potatoes // Nitrogen Efficiency in Agricultural Soils / eds. D. S. Jenkinson, K. A. Smith. - Barking, United Kingdom: Elsevier, 1988, p. 384-393
19. PARCOM recommendation 92/7 „on the reduction of nutrient inputs from agriculture into areas where these inputs are likely, directly or indirectly, to cause pollution”; <http://www.ospar.org/documents/dbase/decrecs/implementationformat/ifr92-7.doc>
20. Pleševičienė A.K., Veitienė R., Lenkšaitė E. ir kt. Vidutiniai pajaurėjusių vėlininių jaurinių nekalkintų ir pakalkintų dirvožemių agrocheminių, fizikinių bei biologinių rodiklių pokyčiai sistemingai tręšiant mėšlu // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. - Akademija (Kėdainių r.), 1997, t. 60, p. 35-56
21. Raun W.R., Johnson G.V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production // Agronomy Journal. - 1999, No.91, p. 357-363
22. Smil V. Nitrogen in crop production: An account of global flows // Global Biogeochemical Cycles. - 1999, No.13, p.647-662
23. Švedas A. Dirvožemis-trąšos-derlius: habilitacinis darbas. - Dotnuva-Akademija, 1993. - 88 p.
24. Tarakanovas P. Statistinių duomenų apdorojimo paketas „Selekcija”. - Akademija (Kėdainių r.), 1999. - 57 p.
25. Tripolskaja L., Greimas G. Dėl įvairių tręšimo sistemų poveikio susiformavusio armens agrocheminių savybių pokyčiai // Žemdirbystė: mokslo darbai / LŽI, LŽŪU. - Dotnuva-Akademija, 1998, t 63, p 55-69
26. Тубалцев Е. Й. Использование соломы как удобрения // Научно-технический бюллетень VНИИ земледелия и защиты почв от эрозии - 1987, No. 3, s. 57-60. - Rus.
27. Vaišvila Z. Judriųjų azoto, fosforo ir kalio vaidmuo žemės ūkio augalų mityboje: habilitacinis darbas. - Dotnuva-Akademija, 1996, p. 56-97

FIELD CROP ROTATION PRODUCTIVITY AND AGROCHEMICAL PROPERTIES IN THE SOILS DIFFERING IN PHOSPHORUS AND POTASSIUM STATUS AS INFLUENCED BY THE FERTILIZATION SYSTEMS

J. Mažvila, K. Rainys, Z. Vaišvila, J. Arbačiauskas, T. Adomaitis

Summary

Experiments were conducted on the farm of the Elmininkai Experimental Station on an Endohypoglei-Calcaric Luvisol in two sites. In the first site the soil tested high in phosphorus and medium in potassium (P_2O_5 188-247; K_2O – 112-163 mg), while in the second site the soil tested low in phosphorus and potassium (P_2O_5 – 68-98; K_2O – 80-112 mg kg^{-1}).

It was found that the highest contents of metabolizable energy (73.2 and 68.8 GJ ha^{-1} , respectively) in the soils testing high and low in nutrients were obtained having adjusted average NPK fertilizer rates according to the soil agrochemical indicators. A farmyard manure rate of 60 t ha^{-1} applied for potatoes and ploughed in straw of winter cereals tended to increase the contents of metabolizable energy (by 1.0 and 0.4 GJ ha^{-1}) only in the soil testing low in phosphorus and potassium. The best nitrogen balance (close to zero) was obtained having adjusted nitrogen fertilizer rates according to the mineral nitrogen status present in the soil in spring. In terms of phosphorus balance, most efficient were moderate fertilizer rates adjusted according to mobile phosphorus content, since in the soils testing high in phosphorus, the balance of phosphorus was close to zero or negative, and in the soil testing low in this nutrient, the contents of phosphorus incorporated with fertilizers were by as much as 23.6-47.2 kg ha^{-1} higher than those accumulated in the crop yield. The best potassium balance was identified also in the treatments applied with moderate rates of potassium fertilizer adjusted according to soil agrochemical indicators, since in the soil testing medium in potassium it was close to zero. However, in the soil testing low in potassium the content of potassium incorporated with fertilizer was by 26.8 kg ha^{-1} higher than that accumulated in the crop yield. The correlation between phosphorus balance and mobile phosphorus content in the soil testing high and low in phosphorus was $R = 0.85$ and $R = 0.86$; and that between potassium balance and mobile potassium contents $R = 0.93$ and $R = 0.82$.

Key words: soil, fertilization, metabolizable energy, balance.