

5. Kopš 2009. gada uzsāktajos pētījumos virspusējā minimālajā augsnes apstrādē, salīdzinot ar ikgadēju tradicionālo aršanu, kapilārā porainība 0–30 cm slānī praktiski mainījies maz.

Izmantotā literatūra

1. Kārklīšs A. (2012). *Zeme, augsne, mēslojums*. A. Kārklīša red. Jelgava: LLU. 477 lpp.
2. Kroģere R. (1983). Augsnes apstrādes sistēmas. *No: Zemkopības*. S. Pogodina red. Rīga: Zvaigzne, 228.–271. lpp.
3. Melngalvis I., Liepiņš J., Ausmane M. (2001). Aršanas dziļuma samazināšanas ietekme uz augsnes agrofizikālajām īpašībām un graudaugu ražu. *Agronomijas Vēstis*, Nr. 2, 103.–107. lpp.
4. Nikodemus O., Kārklīšs A., Klāviņš M., Melacis V. (2008). Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība. *No: Augsnes fizikālās īpašības*. O. Nikodemus red. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 81.–90. lpp.
5. Ruža A., Berzins A., Ausmane M. (2011). Effect of minimums tillage on soil sustainability. *In: Book of abstracts: 24th NJF Congress and 2nd Nordic Feed Science Conference „Food, Feed, Fuel and Fun. Nordic light on future land use and rural development”, held in Uppsala, Sweden, June 14–16, 2011*. Ed. by J. Hultgren, P. Persson, E. Nadeau, F. Fogelberg. NJF Report, Vol. 7, No. 3, p. 224.
6. Ruža A., Bērziņš A., Ausmane M., Melngalvis I., Sprincina A. (2012). Kā labāk apstrādāt augsni – minimāli vai tradicionāli? *AgroTops*, Nr. 3, 36.–38. lpp.

SLĀPEKĻA MĒSLOJUMA IETEKME UZ FOSFORA IZMANTOŠANOS ZIEMAS KVIEŠIEM

EFFECT OF NITROGEN ON PHOSPHORUS RECOVERY BY WINTER WHEAT

Ināra Lipenīte¹, Aldis Kārklīšs¹, Antons Ruža²

¹LLU Augsnes un augu zinātņu institūts, ²LLU Agrobiotehnoloģijas institūts
Inara.Lipenite@llu.lv

Abstract. *Phosphorous turnover in agricultural soils has high agronomic and environmental importance. Therefore relevant studies were performed during 2009–2012. Field experiments with winter wheat varieties ‘Bussard’ un ‘Zentos’ were carried out in two places in Latvia. In each trial treatments were compared starting from unfertilized, fertilized with PK, as well as PK with increasing nitrogen input: 30, 60, 90, 120, 150, 180 and 210 kg ha⁻¹ N (ammonium nitrate). In experimental farm „Peterlauki” experiments were carried out on Endoprotocalcic Chromic Stagnic Luvisol (Clayic, Cutanic, Hypereutric), silty clay loam/clay; organic matter (OM) 20–31 g kg⁻¹, pH KCl 6.6–7.0 and medium phosphorous and potassium content easily utilized by plants. In Stende experiments were carried out on Eutric Stagnic Retisol (Cutanic, Drainic, Loamic), sandy clay loam; OM 21–23 g kg⁻¹, pH KCl 5.8–6.7, and high to very high phosphorous and medium potassium content. PK application rates for all plots (except no fertilisation) included 30 kg ha⁻¹ P₂O₅ and 90 kg ha⁻¹ K₂O. Phosphorous utilisation from soil resources and fertilisers applied were studied and are discussed in this paper. Higher soil phosphorous uptake by winter wheat as well as its relatively high apparent recovery was obtained in Peterlauki. Application of PK fertilizers without nitrogen showed small effect on phosphorous uptake by wheat. A significant increase of phosphorus uptake in Stende was observed by increasing nitrogen rates up to 120 kg ha⁻¹ N. As regards “Peterlauki”, only applications of 30 and 60 kg ha⁻¹ N showed a significant increase of phosphorous uptake.*

Key words: *wheat fertilization; plant nutrient recovery; N postplant dressing.*

Ievads

Augu barības elementu izmantošanas efektivitāte ir viens no jautājumiem, kas kļūst aizvien aktuālāks. Arvien vairāk pētījumu apliecina: lieli augu barības elementu daudzumi, nokļūstot apkārtējā vidē, negatīvi ietekmē tās kvalitāti. Taču tikpat svarīgi ir tādi aspekti kā minerālmēslu cenu nemītīgs pieaugums un saražotās produkcijas cenu svārstības (Roberts, 2008).

Galvenie augu barības elementu resursi atrodas augsnē, taču to daudzums un pieejamība augiem ne vienmēr nodrošina konkurētspējīgu ražu iegūvi, tāpēc svarīga nozīme ir lietotajam mēslojumam, kurā augu barības elementi atrodas vieglāk uzņemamā formā. Diemžēl augi izmanto tikai nelielu daļu no augsnē un ar mēslojumu dotajiem augu barības elementiem. Izmantošanos ietekmē augsnes īpašības un sastāvs, apstākļi sakņu izplatībai un attīstībai, kā arī virkne abiotisku faktoru. Fosfors ir viens no elementiem, kura izmantošanās no augsnes un mēslojuma ir viszemākā. Vājāk iekultivētās augsnēs tas var ierobežot audzēto kultūraugu ražību, bet ilgstoši kultivētās un mēslojotās radīt ekoloģiskas problēmas. Tādējādi domāt par fosfora izmantošanās efektivitātes uzlabošanu liek, pirmkārt, salīdzinoši zems augsņu nodrošinājuma līmenis ar augiem viegli izmantojamo fosforu un tā mazkustīgums augsnē; otrkārt, kvalitatīvu fosfora minerālmēsļu ražošanas izejvielu krājumu pakāpeniska izsīkšana un šo minerālmēsļu sadārdzināšanās; un, treškārt, fosforu saturošu savienojumu iespējamā nokļūšana ūdenstilpēs ar virszemes noteci, tādējādi veicinot eitrofikācijas procesu norisi (Syers *et al.*, 2008; 2010; Cordell *et al.*, 2010; Withers *et al.*, 2014).

Kā liecina jaunākās atziņas par fosfora pieejamību augiem (Frossard *et al.*, 2000; Johnston, Syers, 2009), fosfātjoni augsnē adsorbcijas, absorbcijas un ķīmisku procesu rezultātā saistās ar citiem augsnes komponentiem (mālu minerāliem, karbonātiem, Fe un Al oksīdiem) vai tiek iekļauti to struktūrās. Atkarībā no saistīšanās enerģijas, ko nosaka augsnes sastāvs, daļa jonu viegli spēj pāriet atpakaļ augsnes šķīdumā, bet citi uz ilgāku laiku kļūst augiem neizmantojami. Augiem viegli izmantojamā fosfora saturs augsnē tikai līdz noteiktam „kritiskam” līmenim limitē ražas veidošanos, tāpēc nav nepieciešams ik gadu ar mēslojumu kompensēt fosfora iznesi un augsnes fosfora nodrošinājuma līmeni mērķtiecīgi paaugstināt. Ir nepieciešams noteikt racionālu augsnes fosfora koncentrācijas intervālu, kura robežās ilgtermiņā iespējams iegūt augstu kultūraugu ražu, ik gadus dodot noteiktu mērenu mēslošanas normu.

Fosfora izmantošanās efektivitāti palielina sabalansēts augu nodrošinājums ar citiem galvenajiem barības elementiem un mikroelementiem, mēslojuma novietojums augsnē, optimāli augsnes mitruma apstākļi un arī augu sakņu aktīva darbība. Fosfora deficīta apstākļos izmainās auga sakņu sistēmas uzbūve, veidojas smalkākas saknes un garākas spurgaliņas, saknes vairāk izdala mazmolekulāras organiskās skābes, enzīmus, kā arī modificē fosfora uzņemšanas mehānismus, lai izmantotu šo elementu no grūtāk pieejamiem resursiem (Selles *et al.*, 2011; Balemi, Negisho, 2012). Literatūrā tiek atzīmēta slāpekļa mēslojuma loma fosfora resursu efektīvākā izmantošanā. Piemēram, ilggadīgā izmēģinājumā ar daudzgadīgiem zālaugiem Rotamstedā konstatēts, ka augsnēs ar zemu fosfora nodrošinājumu slāpekļa mēslojums mobilizē fosfora resursus gan no augsnes rezervēm, gan arī no lietotā fosfora mēslojuma, palielinot tā iznesi ar ražu līdz pat 3.5 reizēm. Taču augsnēs ar labu fosfora nodrošinājumu lietotais fosfora mēslojums tikai pie augstām slāpekļa mēslojuma devām uzrāda efektivitāti un tā izmantošanās sasniesi 17% (Syers *et al.*, 2008).

Mūsu pētījuma mērķis bija skaidrot, kā fosfora izmantošanos no lietotā fosfora mēslojuma ietekmē ziemas kviešiem papildmēslojumā dotais slāpekļa mēslojums, audzējot tos velēnu podzolaugsnē un velēnu karbonātaugsnē.

Materiāli un metodes

Izmēģinājumi ar ziemas kviešiem ‘Bussard’ un ‘Zentos’ veikti mācību un pētījumu saimniecībā (MPS) „Pēterlauki” un Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūtā (GSI) no 2009. līdz 2012. gadam. Izmantota vienota mēslošanas shēma: bez mēslojuma, PK fons un PK fons + N (30; 60; 90; 120; 150; 180 un 210 kg ha⁻¹). MPS „Pēterlauki” izmēģinājumi bija ierīkoti viegla putekļu māla izskalojātā velēnu karbonātaugsnē *Endoprotocalcic Chromic Stagnic Luvisol (Clayic, Cutanic, Hypereutric)* ar organisko vielu saturu 20–31 g kg⁻¹, pH KCl 6.6–7.0, vidēju augiem viegli izmantojamā fosfora un vidēju apmaiņas kālija saturu, fonā lietotā fosfora mēslojuma norma 2009. gadā 80 kg ha⁻¹, pārējos gados 70 kg ha⁻¹ P₂O₅, kālija mēslojuma norma 90 kg ha⁻¹ K₂O. Valsts Stendes GSI izmēģinājumi ierīkoti smilšmāla velēnu podzolaugsnē *Eutric Stagnic Retisol (Cutanic, Drainic, Loamic)* ar organiskās vielas saturu 21–23 g kg⁻¹, pH KCl 5.8–6.7, augstu līdz ļoti augstu fosfora un vidēju kālija nodrošinājumu, lietotās fosfora un kālija mēslojuma normas: 30 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 90 kg ha⁻¹ K₂O. Lauka izmēģinājumu veikšanai lietota vispārpieņemtā metodika. Slāpekļa saturs graudos un salmos noteikts pēc Kjeldāla metodes, fosfors – fotometriski, kālijs – ar liesmas fotometru augu pelnu izvilkumā.

Pētījumā izmantoti triju gadu ziemas kviešu ražas un tās ķīmiskā sastāva dati (MPS „Pēterlauki”: 2009., 2011., 2012. g.; Stendes GSI: 2009.–2011. g.), kad izmēģinājumi bija ierīkoti augsnēs ar vienādu fosfora nodrošinājuma līmeni. Augu barības elementu iznese (I) aprēķināta, zinot biomasas daudzumu, un noteikta augu barības elementa koncentrāciju biomasā:

$$I = \frac{m \times c}{100} \quad (1)$$

kur m – biomasas vienība;

c – augu barības elementa koncentrācija šajā biomasā, %.

Fosfora izmantošanās no lietotā fosfora mēslojuma (K_p , %) aprēķināta pēc starpības metodes:

$$K_p = \frac{I_p - I_0}{D} \cdot 100 \quad (2)$$

kur I_p – P_2O_5 iznese lauciņā ar lietotu fosfora mēslojumu, $kg\ ha^{-1}$;

I_0 – P_2O_5 iznese kontroles lauciņā bez fosfora mēslojuma, $kg\ ha^{-1}$;

D – ar minerālmēsliem iestrādātā P_2O_5 masa, $kg\ ha^{-1}$.

Rezultātu apstrādē ņemtas vērā datu variācijas izmēģinājumu gados, bet netika konkretizēta meteoroloģisko apstākļu ietekme. Dati apstrādāti un analizēti, izmantojot dispersijas, regresijas un korelācijas metodes.

Rezultāti un diskusijas

MPS „Pēterlauki” un Stendes GSI lauka izmēģinājumos ar ziemas kviešiem iekļautais kontroles variants bez mēslojuma lietošanas, kā arī fosfora–kālija fona variants bez slāpekļa mēslojuma izmantošanas un tajos veiktie novērojumi un mērījumi deva iespēju novērtēt fosfora iznesi un izmantošanos gan no augsnē esošajiem fosfora resursiem, gan arī lietotā fosfora mēslojuma. Iegūtie dati apkopoti 1. tabulā.

1. tabula *Table 1*

Ziemas kviešu raža, fosfora saturs un augu barības elementu iznese variantos bez slāpekļa mēslojuma lietošanas (vidēji 3 gados)

Winter wheat yield, phosphorus content and plant nutrient off-take in plots without nitrogen fertilizers (in 3 years on average)

Vieta, šķirne <i>Location, variety</i>	Raža, $t\ ha^{-1}$ <i>Yield</i>		P_2O_5 saturs, % P_2O_5 content, %		Iznese ar ražu, $kg\ ha^{-1}$ <i>Off-take by yield, $kg\ ha^{-1}$</i>		
	graudi <i>grain</i>	salmi <i>straw</i>	graudos <i>in grain</i>	salmos <i>in straw</i>	N	P_2O_5	K_2O
Kontroles variantā – $N_0P_0K_0$ <i>Control plot – $N_0P_0K_0$</i>							
MPS, ‘Bussard’	4.44	7.42	0.85	0.18	111.0	43.2	84.5
MPS, ‘Zentos’	5.01	7.86	0.86	0.15	107.0	47.0	78.1
GSI, ‘Bussard’	5.70	5.07	0.87	0.15	119.8	52.1	63.4
GSI, ‘Zentos’	6.20	4.76	0.91	0.18	117.2	56.0	60.0
PK fonā – $N_0P_{73.3}K_{90}$ (MPS), $N_0P_{30}K_{90}$ (GSI) <i>PK treatment</i>							
MPS, ‘Bussard’	4.65	7.59	0.85	0.20	119.9	45.8	92.9
MPS, ‘Zentos’	5.26	6.73	0.86	0.15	104.2	47.0	68.0
GSI, ‘Bussard’	5.48	4.37	0.86	0.19	107.8	48.0	54.6
GSI, ‘Zentos’	6.69	4.48	0.93	0.18	126.4	60.4	65.5

Rezultāti parādīja, ka izmēģinājumos Stendē, kas bija ierīkoti velēnu podzolaugsnē ar augstu fosfora saturu, kontroles variantā iegūta būtiski lielāka ziemas kviešu graudu raža, bet mazāka salmu raža nekā izmēģinājumos velēnu karbonātaugsnē ar vidēju fosfora saturu „Pēterlaukos” ($P < 0.05$). Netika konstatēta statistiski būtiska ražas atšķirība starp audzētajām šķirnēm ‘Bussard’ un ‘Zentos’, taču abām ziemas kviešu šķirnēm pētījumu vietās veidojās krasi atšķirīga graudu–salmu attiecība, un salmu īpatsvars „Pēterlauku” izmēģinājumos bija apmēram 1.5 reizes lielāks, salīdzinot ar Stendi. Fosfora saturs salmos būtiski atšķīrās gan abām šķirnēm, gan arī pētījumu vietās. Ar fosforu labāk nodrošinātajā augsnē Stendē iegūtajos kviešu salmos tā saturs bija augstāks, taču fosfora saturu graudos būtiski neietekmēja ne augsnes fosfora nodrošinājuma

līmenis, nedz arī šķirne. Lielāka kopējā fosfora iznese ar graudiem un salmiem abām šķirnēm veidojās izmēģinājumos Stendē ($P > 0.05$), taču būtiski pētījumu vietās atšķīrās tikai fosfora iznese ar pamatprodukciju, kas Stendē vidēji abām šķirnēm bija par $10.9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ lielāka nekā iznese ar „Pēterlaukos” iegūto graudu ražu. Kā zināms, tad normālai augu attīstībai un ražas veidošanai barības elementi tiek uzņemti sabalansētās attiecībās, un pēc normatīviem iznesē ar ziemas kviešu ražu N:P:K attiecība vidēji ir 2.9:1:1.8. Analizējot izmēģinājumos iegūtos slāpekļa, fosfora un kālija izneses rādītājus, jāatzīmē ievērojamas K:P un N:P atšķirības pētījumu vietās. Stendes izmēģinājumos slāpekļa un īpaši kālija īpatsvars attiecībā pret fosforu iznesē bija ievērojami zemāks par vidējiem rādītājiem un arī par šo elementu attiecību iznesē ar ražu „Pēterlaukos”. Izteiktāks tas novērojams šķirnei ‘Zentos’. Tas varētu būt skaidrojams ar dažādiem ziemas kviešu barošanās apstākļiem, barības elementu nodrošinājumu un sabalansētību velēnu podzolaugsnē Stendē un velēnu karbonātaugsnē „Pēterlaukos”. Kopumā no augsnē (0–20 cm slānī) esošajiem augiem viegli izmantojamā fosfora krājumiem, kas „Pēterlaukos” sastādīja vidēji 400 kg ha^{-1} un Stendē $690 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, ražas veidošanai tika izmantoti attiecīgi ap 11.0% un 7.8% fosfora.

Ar minerālmēsliem augsnē iestrādātais fosfora un kālija mēslojums (bez slāpekļa lietošanas) visai maz izmainīja ziemas kviešu ražu un fosfora iznesi salīdzinājumā ar kontroles variantu bez mēslojuma lietošanas (1. tab.). Iegūtie dati rāda, ka PK fona variantā vairumā gadījumu saglabājas izmēģinājumu kontroles variantā noteiktās sakarības. Kā vienu no izmaiņām var minēt augsnē iestrādātā fosfora mēslojuma ietekmi uz fosfora saturu ziemas kviešu salmos, kas nedaudz palielinājās ar fosforu mazāk nodrošinātā augsnē audzētajos augu paraugos. Fosfora un kālija mēslojums praktiski neietekmēja arī galveno augu barības elementu attiecību iznesē ar ražu. Stendē audzētajos ziemas kviešos slāpekļa un kālija īpatsvars iznesē attiecībā pret fosforu tāpat saglabājās zems, bet „Pēterlauku” izmēģinājumā K:P attiecība iznesē ar salmiem pa gadiem variēja ļoti plašā diapazonā – no 2.6 līdz 10.3. Pieņemot, ka pēc fosfora mēslojuma iestrādes augsnē augi no augsnes uzņēma tādu pašu fosfora daudzumu kā kontroles variantā bez mēslojuma, jāsecina, ka fosfora izmantošanās no iestrādātā mēslojuma (PK fona variantā) bija visai zema. MPS „Pēterlauki” izmēģinājumos fosfora izmantošanās no fonā iestrādātā fosfora audzētajām šķirnēm praktiski neatšķīrās un vidēji 3 gados bija mazāka par 4%. Stendes GSI izmēģinājumā audzētās šķirnes atšķirīgi izmantoja fosfora resursus. Piemēram, ziemas kviešu šķirnei ‘Bussard’ fosfora iznese visos pētījuma gados PK fona variantā bija zemāka nekā kontroles variantā, nesasniedzot pat tur noteikto izmantošanos no augsnes. Savukārt izmēģinājumā ar šķirni ‘Zentos’ visos 3 gados fosfora iznese ar ražu PK fonā bija lielāka nekā kontroles variantā, un fosfora izmantošanās no fosfora mēslojuma vidēji sastādīja 14.8%.

Ziemas kviešiem papildmēslojumā lietotais slāpekļa mēslojums būtiski izmainīja ziemas kviešu ražu un augu barības elementu izmantošanu. Sakarības starp lietotajām N papildmēslojuma normām un iegūto kviešu graudu un salmu ražu MPS „Pēterlauki” un Stendes GSI izmēģinājumos parāda 2. tabulā apkopotie regresijas vienādojumi. Graudu ražas lielumu būtiski ietekmēja ne tikai N norma, bet arī izmēģinājumu gada apstākļi ($P < 0.001$), bet salmu ražu tikai N mēslojums ($P < 0.05$). Slāpekļa normas palielināšana virs 120 kg ha^{-1} (MPS) un 150 kg ha^{-1} (GSI) vairs praktiski nepalielināja graudu un salmu ražu.

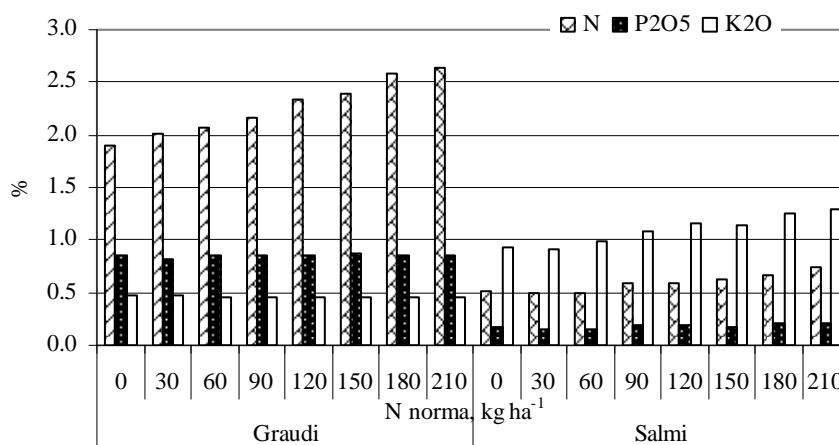
2. tabula *Table 2*

N papildmēslojuma normu un ziemas kviešu ražas savstarpējās sakarības
Relationship between postplant N fertiliser rate and yield of winter wheat

Vieta, šķirne <i>Location, variety</i>	Graudu raža <i>Grain yield</i>		Salmu raža <i>Straw yield</i>	
	vienādojums <i>equation</i>	R ²	vienādojums <i>equation</i>	R ²
MPS, ‘Bussard’	$y = -5E-05x^2 + 0.0156x + 4.7222^*$	0.971	$y = -4E-05x^2 + 0.0245x + 7.3748$	0.862
MPS, ‘Zentos’	$y = -6E-05x^2 + 0.0202x + 5.3637$	0.984	$y = -0.0002x^2 + 0.0472x + 7.0934$	0.850
GSI, ‘Bussard’	$y = -9E-05x^2 + 0.0336x + 5.5979$	0.992	$y = -0.0001x^2 + 0.0362x + 4.3896$	0.942
GSI, ‘Zentos’	$y = -5E-05x^2 + 0.0222x + 6.6501$	0.991	$y = -8E-05x^2 + 0.0288x + 4.7722$	0.838

* y – ziemas kviešu raža, t ha⁻¹; x – N papildmēslojuma norma, kg ha⁻¹

Slāpekļa papildmēslojuma lietošana izmainīja ziemas kviešu ķīmisko sastāvu. Kā redzams 1. att., visvairāk izmainījās slāpekļa saturs graudos un salmos, kā arī kālija saturs salmos. Fosfora saturu ziemas kviešu graudos N normas izmaiņas ietekmēja nedaudz, tendence saturam palielināties līdz ar normu atsevišķos gados vairāk izteikta bija šķirnei 'Bussard' Stendē. Izmēģinājumā MPS „Pēterlauki” 2009. gadā abu kviešu šķirņu graudos tika konstatēts būtiski zemāks fosfora saturs nekā citos gados ($P < 0.001$). Izvērtējot fosfora saturu ziemas kviešu salmos, netika pierādīta būtiska N mēslojuma normas ietekme, taču abās pētījumu vietās fosfora saturs 'Bussard' salmos bija augstāks nekā šķirnei 'Zentos'. Pieaugot augu nodrošinājumam ar slāpekli, ziemas kviešu graudos palielinājās slāpekļa īpatsvars attiecībā pret fosforu ($r = 0.96-0.99$), bet samazinājās kālija īpatsvars ($r = -0.71-0.90$). N:P attiecība kviešu salmos cieši korelēja ar slāpekļa mēslojuma normu tikai šķirnei 'Zentos' ($r = 0.77-0.92$), bet K:P attiecība salmos palielinājās līdz ar slāpekļa normas pieaugumu tikai Stendes GSI izmēģinājumos ($r = 0.84-0.89$).

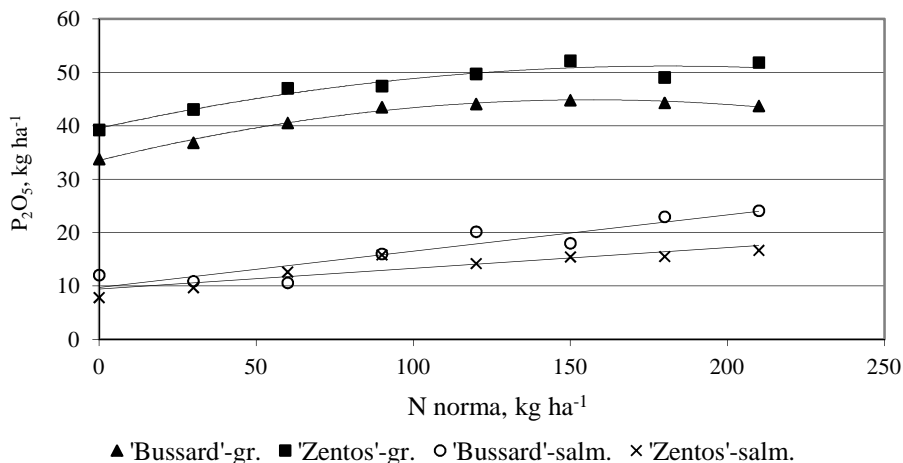


1. att. NPK saturs ziemas kviešu ražā (vidēji 3 gados).

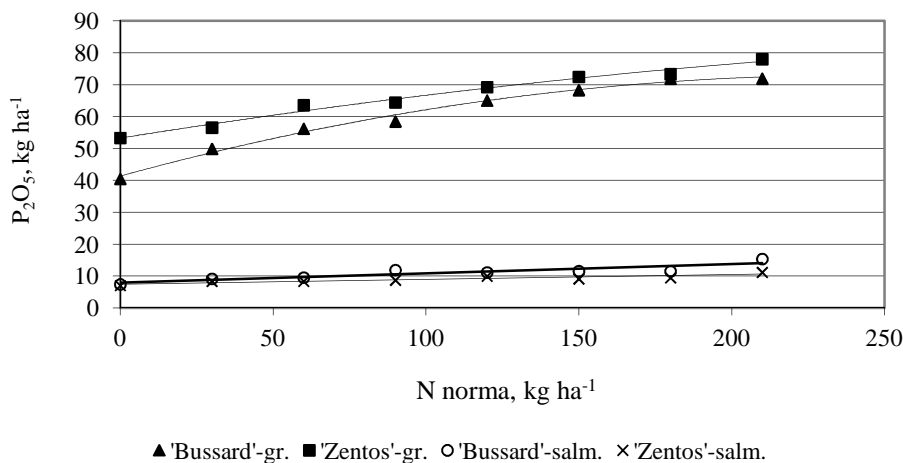
Fig. 1. NPK content in wheat yield (3 year average).

Fosfora iznesi ar graudu un salmu ražu noteica gan ziemas kviešu ražas, gan arī fosfora satura atkarība no lietotās slāpekļa papildmēslojuma normas. MPS „Pēterlauki” un Stendes GSI izmēģinājumos vidēji 3 gados konstatētās fosfora izneses un N normas sakarības ilustrē 2. un 3. att. Kā redzams, tad fosfora iznese ar graudu un salmu ražu ziemas kviešiem, kas audzēti dažādās augsnēs ar atšķirīgu fosfora nodrošinājuma līmeni, slāpekļa mēslojuma normu ietekmē veidojās atšķirīgi. Velēnu karbonātaugsnē ar vidēju fosfora nodrošinājumu augsnē un fosfora mēslojuma normu $73.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, būtisku kopējās fosfora izneses pieaugumu nodrošināja mazākās slāpekļa papildmēslojuma normas līdz $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$. Tālāka N normas palielināšana fosfora iznesi izmainīja visai niecīgi. Tas varētu liecināt par nepietiekamu izmantojamā fosfora pieejamību augiem, kas tādējādi limitēja tā akumulāciju ražā un līdz ar to arī ietekmēja ziemas kviešu ražas līmeni „Pēterlauku” izmēģinājumos. Kopējā fosfora iznese ar ziemas kviešu ražu no velēnu podzolaugsnes ar augstu fosfora nodrošinājumu un ar fosfora mēslojuma normu $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ Stendē N papildmēslojuma ietekmē palielinājās gandrīz lineāri ($y = 0.1532x + 57.299$; $r^2 = 0.97$) un pie normas $210 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ vidēji par 20 kg pārsniedza fosfora iznesi attiecīgajā variantā „Pēterlauku” izmēģinājumā. Abās pētījumu vietās lielāka fosfora iznese bija ziemas kviešu šķirnei 'Zentos', un atšķirība no šķirnes 'Bussard' vidēji sastādīja $6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$.

Fosfora izneses sadalījums starp pamatprodukciju un blakusprodukciju pētījumu vietās bija atšķirīgs. MPS „Pēterlauki” izmēģinājumos slāpekļa pieaugošu normu ietekmē bija vērojama pastiprināta fosfora akumulācija salmu ražā, turklāt šķirnei 'Bussard' šī tendence bija vairāk izteikta. Būtisks fosfora izneses ar graudu ražu palielinājums konstatēts tikai lietojot slāpekļa normas 30 un $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ($P < 0.05$). Salīdzinājumā ar PK fona variantu pie slāpekļa normas $210 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ 'Bussard' graudu ražā tika akumulēti vidēji 9.1 kg , bet salmu ražā – $12.1 \text{ kg P}_2\text{O}_5$. Šķirnei 'Zentos' izneses pieaugums no augstākās slāpekļa normas bija attiecīgi 12.6 kg graudu ražā un $8.7 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ salmu ražā.



2. att. Fosfora iznese ar ziemas kviešu graudu un salmu ražu MPS "Pēterlauki".
 Fig. 2. Phosphorous removal with wheat yield, Peterlauki.

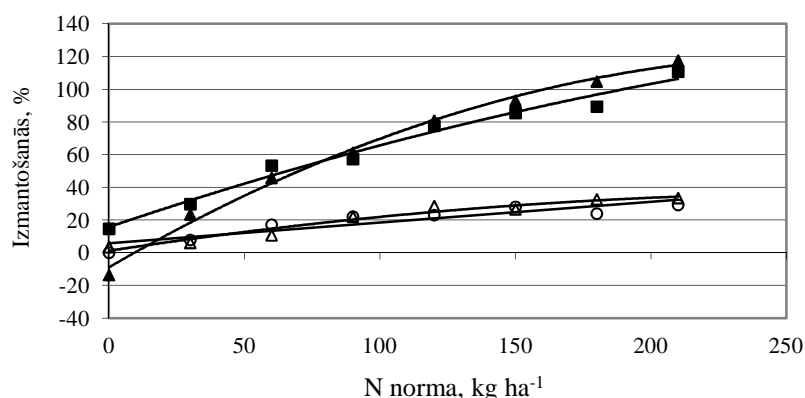


3. att. Fosfora iznese ar ziemas kviešu graudu un salmu ražu Stendes GSI.
 Fig. 3. Phosphorous removal with wheat yield, Stende.

Valsts Stendes GSI veiktajos izmēģinājumos pieaugošu slāpekļa papildmēslojuma normu lietošana veicināja fosfora akumulāciju graudu ražā. Būtisks izneses pieaugums no katriem nākamajiem 30 kg N bija vērojams, līdz slāpekļa papildmēslojuma norma sasniedza 120 kg ha⁻¹ N (P<0.05). Salīdzinājumā ar PK fonu, kur slāpekļlis netika lietots, 210 kg ha⁻¹ slāpekļa fosfora iznesi ar graudu ražu ziemas kviešu šķirnēm 'Bussard' un 'Zentos' palielināja attiecīgi par 31.5 un 24.7 kg ha⁻¹. Fosfora iznese ar salmu ražu variēja pa gadiem. Abām šķirnēm 2010. gadā tā bija vidēji par 54% lielāka nekā pārējos izmēģinājuma gados, tāpēc statistiski būtisks fosfora izneses pieaugums no slāpekļa papildmēslojuma normām netika konstatēts. Vidēji 3 gados no augstākās slāpekļa normas (210 kg ha⁻¹ N) fosfora izneses pieaugums salīdzinājumā ar PK fona variantu bija tikai 8.0 kg šķirnei 'Bussard' un 4.1 kg ha⁻¹ P₂O₅ šķirnei 'Zentos'.

Slāpekļa mēslojuma lietošana veicināja fosfora akumulāciju ziemas kviešu ražā un tādējādi arī tā izmantošanos no augsnē esošajiem fosfora krājumiem un mēslošanas līdzekļiem. Kā jau iepriekš minēts, fosfora izmantošanās no lietotā fosfora mēslojuma PK fonā bez slāpekļa papildmēslojuma pētījumu vietās bija atšķirīga. Arī fosfora izmantošanās no lietotā fosfora mēslojuma pieaugošu slāpekļa mēslojuma normu ietekmē visai būtiski atšķirās izmēģinājumos ar ziemas kviešiem, kas tika veikti velēnu karbonātaugsnē MPS „Pēterlauki” un velēnu podzolaugsnē Stendes GSI (4. att.). Šeit gan jāņem vērā, ka Stendē, kur augsnē bija augsts augiem viegli izmantojamā fosfora saturs, tika lietota mazāka fosfora minerālmēsļu norma (30 kg ha⁻¹ P₂O₅)

salīdzinājumā ar „Pēterlauku” izmēģinājumu (vidēji $73.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$). Stendes izmēģinājumos noteiktā fosfora izmantošanās sakarība ar lietoto slāpekļa mēslojumu rāda, ka pie $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ šķirnei ‘Bussard’ un pie $180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ šķirnei ‘Zentos’ jau pilnībā bija izlietots ar mēslojumu iestrādātais fosfors.



△ 'Bussard' MPS ○ 'Zentos' MPS ▲ 'Bussard' GSI ■ 'Zentos' GSI

4. att. Fosfora izmantošanās no mēslojuma ar ziemas kviešu ražu.

Fig. 4. Phosphorous recovery with wheat yield.

Fosfora izmantošanās no mēslojuma „Pēterlauku” izmēģinājumos bija ievērojami zemāka nekā Stendē. Lai gan pieaugošas slāpekļa mēslojuma normas veicināja fosfora akumulāciju ziemas kviešu ražā, tomēr, piemēram, pie N normas 120 kg ha^{-1} , kas vairs būtiski nepalielināja fosfora iznesi, izmantošanās no fosfora mēslojuma bija tikai 25%.

Kā jau iepriekš minēts, augu barības elementa izmantošanās koeficienta aprēķins pēc starpības metodes balstās uz pieņēmumu, ka tā iznese no augsnes nemainās arī tad, kad attiecīgais elements papildus tiek iestrādāts augsnē ar mēslojumu. Pamatot un pierādīt šo pieņēmumu līdz šim nav izdevies (Syers *et al.*, 2008), jo barības elementi augsnē atrodas dažādu savienojumu veidā, pastāv dinamiski līdzsvāri starp dažādu formu koncentrācijām augsnes cietajā un šķidrā fāzē, nepārtraukti notiek barības elementu mobilizācija un imobilizācija. Tomēr, lai arī minētā metode nesniedz absolūti viennozīmīgu informāciju, tā dod iespēju izpētīt barības elementu aprites atšķirības dažādās augsnēs un konstatēt dažādu faktoru ietekmes radītās izmaiņas.

Izvērtējot iegūtos rezultātus, jāatzīst, ka fosfora iznese un izmantošanās no augsnes un mēslojuma bija atkarīga no augsnes tipa. Kā liecina daudzi pētījumi (Barber, 1995; Tunesi *et al.*, 1999; Samadi, Gilkes, 1999), augsnēs, kuru pH ir zem 6.5 (pH intervālā 4–6), dominē praktiski nešķīstoši dzelzs un alumīnija fosfāti, bet neitrālās un bāziskās augsnēs – kalcija (arī magnija) fosfāti. Karbonātaugsnēs notiek augiem pieejamo fosfora formu saistīšanās gan uz karbonātu virsmas, gan augsnes šķīdumā, kur ir salīdzinoši augsta kalcija jonu koncentrācija, gan arī augsnes adsorbcijas kompleksā. Adsorbcijai parasti seko dažādu maz šķīstošu kalcija fosfātu veidošanās, tādējādi samazinot augiem viegli izmantojamā fosfora nodrošinājumu. Mūsu izmēģinājumos fosfora iznese ar ziemas kviešu ražu no velēnu podzolaugsnis ar vāji skābu reakciju bija lielāka nekā no karbonātaugsnes. Pēc analīžu rezultātiem abās augsnēs augiem izmantojamā fosfora krājumi bija pietiekami lieli, lai neierobežotu ražas veidošanos, tomēr karbonātaugsnē visticamāk tieši fosfora deficīts limitēja lietotā slāpekļa izmantošanos. Tas varētu būt saistīts ne tikai ar augsnē un mēslojumā esošā fosfora vāju pieejamību, bet arī ar nepietiekami objektīvu augsnes fosfora nodrošinājuma līmeņa novērtējumu. Latvijā fosfora noteikšanai augsnēs kā ekstrahentu izmanto kalcija laktāta šķīdumu (pH 3.6–3.7) (LV ST..., 1997), kas imitē vides reakciju, kāda varētu būt auga sakņu tuvumā. Taču, analizējot karbonātaugsnes, šāds ekstrahents reaģē ar karbonātiem vai citiem bāziskiem savienojumiem, daļēji neitralizējas un rezultātā nespēj sniegt ticamu informāciju par augiem pieejamā fosfora koncentrāciju. Citās valstīs augiem izmantojamā fosfora noteikšanai karbonātus saturošās augsnēs kā ekstrahentu parasti izmanto $0.5M$ nātrija bikarbonāta šķīdumu (pH 8.5) (Olsen *et al.*, 1954).

Fosfora izmantošanās no augsnes un mēslojuma ir atkarīga arī no citu augu barības elementu pieejamības. Būtiska nozīme ir augu nodrošinājumam ar slāpekli un sabalansētai barības elementu attiecībai augsnes šķīdumā (Blake *et al.*, 2000; Roberts, 2008). Arī Stendes GSI un MPS „Pēterlauki” veiktajos izmēģinājumos iegūtie dati liecina par pietiekama slāpekļa nodrošinājuma ietekmi uz fosfora iznesi un izmantošanos no pētījumu vietu augsnēm. Taču slāpekļa mēslojuma efektivitāte bija atkarīga no augiem pieejamā fosfora pieejamības līmeņa un krājumiem. Iegūtās atziņas būtu jāņem vērā, izstrādājot mēslošanas ieteikumus ziemas kviešiem, tos audzējot dažādās augsnēs.

Secinājumi

1. Labāka fosfora izmantošanās no augsnes un akumulācija ziemas kviešu ražā konstatēta no tā krājumiem velēnu karbonātaugsnē.
2. Fosfora mēslojums (bez slāpekļa lietošanas) maz ietekmēja fosfora iznesi ar ziemas kviešu ražu.
3. Velēnu podzolaugsnē Stendes GSI būtisku fosfora izneses pieaugumu nodrošināja slāpekļa papildmēslojuma normas līdz pat 120 kg ha⁻¹ N, bet velēnu karbonātaugsnē MPS „Pēterlauki” – tikai normas 30 un 60 kg ha⁻¹ N.

Izmantotā literatūra

1. Balemi T., Negisho K. (2012). Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Vol. 12 (3), p. 547–561.
2. Barber S. A. (1995). *Soil Nutrient Bioavailability: a mechanistic approach*. 2nd ed., by John Wiley & Sons, INC. p. 414.
3. Blake L., Mercik S., Koerschens M., Moskal S., Poulton P.R., Goulding K.W.T., Weigel A., Powlson D. S. (2000). Phosphorus content in soil, uptake by plants and balance in three European long-term field experiments. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Vol. 56, p. 263–275.
4. Cordell D., Rosemarin A., Schroder J. J., Smit A .L. (2011). Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere*, Vol. 84, p. 747–758.
5. Frossard E., Condron L. M., Oberson A., Sinaj S., Fardeau J. C. (2000). Processes governing phosphorus availability in temperate soils. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 29, p. 15–23.
6. Johnston A. E., Syers J. K. (2009). A new approach to assessing phosphorus use efficiency in agriculture. *Better Crops*, Vol. 93, No. 3, p. 14–16.
7. LV ST ZM 82–97 *Augsnes kvalitāte – Kustīgā fosfora un kālija noteikšana ar Egnera–Rīma (DL) metodi*. Nozares standarti. Grupa C – 09. Kods 00823701. 1997.
8. Selles F., Campbell C. A., Zentner R. P., Curtin D., James D. C., Basnyat P. (2011). Phosphorus use efficiency and long-term trends in soil available phosphorus in wheat production systems with and without nitrogen fertilizer. *Canadian Journal of Soil Science*, Vol. 91 (1), p. 39–52.
9. Syers J. K., Johnston A. E., Curtin D. (2008). Efficiency of Soil and Fertilizer Phosphorus: Reconciling Changing Concepts of Soil Phosphorus Behavior with Agronomic Information. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin* 18. FAO: Rome, 108 p.
10. Syers K., Johnston E., Curtin D. (2010). A new perspective on the efficiency of phosphorus fertilizer use. **In:** *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, 1–6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD. [Tiešsaiste] [skatīts: 2014. g. 3. okt.]. Pieejams: <http://www.iuss.org/19th%20WCSS/Symposium/pdf/0088.pdf>
11. Olsen S. R., Cole F. S., Watanabe F. S., Dean L. A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*, USDA, Circ. 939.
12. Roberts T. L. (2008). Improving nutrient use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, Vol. 32, p. 177–182.
13. Samadi A., Gilkes R. J. (1999). Phosphorus transformations and their relationships with calcareous soil properties of Southern Western Australia. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 63, p. 809–815.

14. Tunesi S., Poggi V., Gessa C. (1999). Phosphate adsorption and precipitation in calcareous soils: the role of calcium ions in solution and carbonate minerals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Vol. 53, p. 219–227.
15. Withers P. J. A., Sylvester-Bradley R., Jones D. L., Healey J. R., Talboys P. J. (2014). Feed the crop not the soil: rethinking phosphorus management in food chain. *Environmental Science and Technology*, Vol. 48, p. 6523–6530.

SLĀPEKĻA MĒSLOJUMA UN METEOROLOĢISKO APSTĀKĻU IETEKME UZ ZIEMAS KVIEŠU GRAUDU FIZIKĀLAJIEM RĀDĪTĀJIEM

INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZER AND METEOROLOGICAL CONDITIONS ON WINTER WHEAT GRAIN PHYSICAL INDICES

Anda Linīņa, Antons Ruža

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Agrobiotehnoloģijas institūts

Anda.Linina@llu.lv; Antons.Ruza@llu.lv

Abstract. *The objective of this study was to determine interaction effects among an investigation year (Y), nitrogen fertilizer (N) and a year × N-fertilizer for two winter wheat cultivars on 1000 kernel weight and volume weight. Field experiments with winter wheat cultivars 'Bussard' and 'Zentos' using four nitrogen topdressing rates (N60, N90, N120 and N150) were carried out at the Study and Research farm "Peterlauki" of the Latvia University of Agriculture, in 2009/2010, 2010/2011 and 2011/2012. The average results on 1000 kernel weight and volume weight between both cultivars did not differ significantly. The year, nitrogen fertilizer and the year × N-fertilizer interaction had a significant effect on 1000 kernel weight for both cultivars. The year, nitrogen fertilizer and the year × N-fertilizer interaction had a significant effect on volume weight for cultivar 'Bussard' grains, while only the year – for cultivar 'Zentos'. A significant positive correlation was determined between 1000 kernel weight and the volume weight only for the cultivar 'Bussard' (r=0.654).*

Key words: *winter wheat, 1000 kernel weight, volume weight, meteorological condition, nitrogen fertilizer.*

Ievads

Graudu fizikālie rādītāji ir cieši saistīti ar noteiktu barības vielu daudzuma koncentrāciju graudā, tos ietekmē arī šķirnes ģenētiskās īpašības. Rupjākiem graudiem ir lielāka 1000 graudu masa un tilpummasa, līdz ar to arī lielāks miltu iznākums, tomēr atšķirīgos meteoroloģiskajos apstākļos auguši ziemas kviešu graudiem šī sakarība var mainīties (Kleijer *et al.*, 2007). Ja graudu veidošanās laikā ir liels nokrišņu daudzums, 1000 graudu masa un tilpummasa samazinās, bet arī nepietiekama mitruma apstākļos graudu nogatavošanās laikā un paaugstinātas gaisa temperatūras apstākļos, kad tiek kavēta normāla graudu nobriešana, graudi veidojas sīki un graudu fizikālie rādītāji samazinās (Panozzo, 2000; Knapowski *et al.*, 2004).

Ziemas kviešu 1000 graudu masu un tilpummasu ietekmē gan šķirne, gan arī meteoroloģiskie apstākļi, kā arī abu faktoru mijiedarbība (Peltonen, Peltonen, 1993). Literatūrā atrodamas norādes, ka slāpekļa mēslojums palielina graudu tilpummasu (Varga, 2003), bet ja lieto tikai N30, tad tilpummasa parasti nepārsniedz noteikto minimālo rādītāju (Maccaferri *et al.*, 2006). Lai arī ir uzskats, ka 1000 graudu masas vērtību šķirnei nosaka galvenokārt tās ģenētiskās īpašības, to būtiski ietekmē arī meteoroloģiskie apstākļi, slāpekļa mēslojums un šo faktoru mijiedarbība (Stankowski *et al.*, 2006).

Pētījuma mērķis: skaidrot 1000 graudu masas (TGM) un tilpummasas (TM) izmaiņas un to savstarpējās sakarības ziemas kviešu šķirņu graudos meteoroloģisko apstākļu un slāpekļa mēslojuma ietekmē.

Materiāli un metodes

Lauka izmēģinājums ar divām ziemas kviešu šķirnēm 'Bussard' un 'Zentos' iekārtots LLU mācību un pētījumu saimniecībā „Pēterlauki” vidēji smaga smilšmāla velēnu karbonātaugsnēs