

3. Neprofesionāli veidotas un „importētas” plānošanas shēmas un datorprogrammas izvirzītos mērķus sasniegt nepalīdzēs.

Izmantotā literatūra

Kārklīšs A., Ruža A. (2013). *Lauku kultūraugu mēslošanas normatīvi*. Jelgava: LLU. 55 lpp.

SLĀPEKĻA MINERĀLMĒSLU NORMU OPTIMIZĀCIJA GRAUDAUGIEM OPTIMIZATION OF NITROGEN FERTILISER NORMS FOR CEREALS

Antons Ruža, Aldis Kārklīšs

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lauksaimniecības fakultāte

Antons.Ruza@llu.lv; Aldis.Karklins@llu.lv

Abstract. *A five-year field experiment (2009 – 2012) was carried out in different parts of Latvia – Peterlauki, Priekuli, Stende). The objective was to test the effectiveness of increasing nitrogen (from 0 to 210 kg ha⁻¹ N) applications on the yield and several quality parameters of rye, spring wheat and spring barley. In total 8 nitrogen variants were compared. Nitrogen applications were compared using two trial plots – a plot with unfertilised soil (to identify the potential fertility of soils) and a plot where a full norm of phosphorus and potassium was applied (to test the nitrogen requirements for cereals). The obtained results are useful for planning fertilisers regarding the criteria for the optimisation of nitrogen norms depending on goals set by farmers – either to obtain the maximum yield, maximum grain quality, highest return in terms of grain per kg of N applied or to achieve the highest N utilisation rate. Plant nutrient removal coefficients also were renewed using the data obtained as a result of the field experiment.*

Keywords: *field experiment, rye, spring wheat, spring barley.*

Ievads

Slāpekļis ir viens no dinamiskākajiem augu barības elementiem, kura nekontrolēta lietošana, ņemot vērā pašreizējās izmaksas, var ievērojami sadārdzināt gala produkciju. Taču vēl svarīgāk – palielināts slāpekļa daudzums, kas netiek pilnībā izmantots kultūraugu ražas veidošanā, var piesārņot vidi. Tāpēc aktuāls ir jautājums – kādas ir maksimālās slāpekļa mēslojuma normas dažādās Latvijas zonās (augšnes, agroklimatisko apstākļu u. c.), un ciktāl tādas ir ekonomiski izdevīgi lietot. Mēslošanas normu analīze jāveic, ne tikai vērtējot agronomiskos kritērijus (ražu pieaugums), bet arī apzinot iespējamās vides riskus – cik daudz neizmantota slāpekļa paliek augsnē pēc ražas novākšanas.

Pēdējos gados, salīdzinot ar pagājušā gadsimta astoņdesmitajiem vai pat deviņdesmitajiem gadiem, zemnieku saimniecībās augkopības produkcijas ieguves palielināšanas nolūkos tiek ieviestas aizvien intensīvāka tipa laukaugu šķirnes ar ievērojami augstāku ražības potenciālu. Lai izmantotu to ģenētisko ražības potenciālu, šāda tipa šķirnes prasa gan stingru visu agrotehnisko pasākumu ievērošanu, gan arī salīdzinoši augstu barības vielu nodrošinājumu. Ražošanas koncentrācijas un specializācijas apstākļos galvenais augu barības vielu nodrošinājuma avots vairākumā saimniecību ir minerālmēslojums. Līdz ar to minerālmēslojuma lietošanas apjoms (galvenokārt slāpekļa) uz platības vienību, īpaši ekonomiski spēcīgākajās lielsaimniecībās, ir strauji pieaudzis.

Sistematizētu pētījumu par minerālmēslojuma, tai skaitā arī slāpekļa, izmantošanu jaunajos ražošanas apstākļos ir maz. Plašāki pētījumi, salīdzinot ar mūsdienu situāciju, notika pagājušā gadsimta otrajā pusē pavisam citos ražošanas apstākļos, arī lauksaimniecības prioritātes tajā laikā bija pavisam citas. Pēdējos gados veiktie pētījumi par augu barības vielām vairāk bija saistīti ar iegūstamās laukaugu produkcijas palielināšanu un it īpaši kvalitātes uzlabošanu. Tie veikti savstarpēji nesaistītās vietās bez vienotas metodikas. Līdz ar to esošā informācija ir fragmentāra, to nav iespējams vispārināt, to pat pēc rūpīgas datu analīzes nevar pilnībā izmantot. Tā ir noderīga vairs tikai kā papildinformācija atsevišķu mēslojuma pielietošanas posmu pamatojumam un ir jāpapildina ar atbilstošiem mūsdienīgiem pētījumiem.

Lai aizpildītu šo nesaisti, Latvijas Republikas Zemkopības ministrija finansēja projektu: balstoties uz vairākgadīgiem lauka izmēģinājumu rezultātiem, kas veikti pēc vienotas metodikas dažādās Latvijas vietās (atšķirīgos augšņu un agroklimatiskajos apstākļos), noskaidrot slāpekļa minerālmēslojuma efektivitāti, lietojot pieaugošas tā normas, kā arī noteikt maksimāli pieļaujamās un ekonomiski pamatotās normas. Kopumā pētījumā bija iekļauti šādi laukaugi – ziemas rudzi, ziemas un vasaras kvieši, ziemas un vasaras rapsis, vasaras mieži un kartupeļi. Šī raksta ietvaros tiek analizēti pētījumu rezultāti par rudziem, vasaras kviešiem un miežiem.

Materiāli un metodes

Lauka izmēģinājumi pēc vienotas shēmas un metodikas tika iekārtoti 2008. gadā. Rudziem iegūta 4 gadu raža (2009 – 2012), bet kviešiem un miežiem – 5 gadu raža (2008 – 2012). Lietotās šķirnes:

1. ziemas rudziem – šķirnes ‘Kaupo’ un ‘Amato’; pētījumi veikti Valsts Priekuļu laukaugu selekcijas institūtā un Valsts Stendes graudaugu selekcijas institūtā;
2. vasaras kviešiem – šķirne ‘Taifun’ – LLU mācību un pētījumu saimniecībā ‘Pēterlauki’ un Stendē;
3. vasaras miežiem – šķirne ‘Tocada’ – Pēterlaukos, Priekuļos un Stendē.

Lauka izmēģinājumi tika iekārtoti pēc vienotas shēmas četros atkārtojumos, salīdzinot 9 variantus. Pirms sējas no katra izmēģinājuma lauka noņēma augsnes paraugus augsnes agrokīmiskajam raksturojumam. Savukārt veģetācijas periodā veica visus nepieciešamos agrotehniskos pasākumus un uzskaitīja augu augšanas un attīstības fāzes. Salīdzinātie varianti: bez mēslojuma – $N_0P_0K_0$, fosfora un kālija mēslojuma fons – N_0PK ; pieaugošas slāpekļa minerālmēslojuma normas uz PK fona, $kg\ ha^{-1}$ N: $N_{30}PK$; $N_{60}PK$; $N_{90}PK$; $N_{120}PK$; $N_{150}PK$; $N_{180}PK$; $N_{210}PK$.

Fosfora un kālija mēslojuma daudzums visos slāpekļa mēslojuma variantos bija vienāds, taču katrā pētījumu vietā noteikts atbilstoši šo barības elementu saturam augsnē konkrētā laukā. Kultūraugu agrotehnika, izmēģinājumā veiktie novērojumi, ražas novākšana un uzskaitē noritēja atbilstoši labai kultūraugu audzēšanas praksei un vispārpieņemtajai lauka izmēģinājumu metodikai.

Graudu kvalitātes analīzes tika veiktas LLU Agrobiotehnoloģijas institūta Graudu un sēklu mācību zinātniskajā laboratorijā, ražas ķīmiskais sastāvs noteikts LLU Agronomisko analīžu zinātniskajā laboratorijā, augsnes analīzes – Valsts Augu aizsardzības dienesta Agroķīmijas departamenta Agroķīmijas laboratorijā. Visas analīzes tika veiktas atbilstoši Latvijā pieņemtām standartmetodēm.

Dati matemātiski apstrādāti, izmantojot vienfaktoru dispersiju, kā arī korelācijas un regresijas analīzi.

Rezultāti un diskusijas

Ziemas rudzi/Winter rye. Ziemas rudzu graudu raža Priekuļos pa atsevišķiem gadiem atšķīrās divas un pat vairāk reizes. Arī starp šķirnēm pastāvēja ievērojama ražu starpība. Īpaši nelabvēlīgs bija 2011. gads, kad ziemošanas laikā šķirnes ‘Kaupo’ sējumi aizgāja bojā. Arī 2010. gada raža raksturojama kā salīdzinoši zema, taču 2012. gadā abām šķirnēm ieguva augstas vai pat ļoti augstas ražas – šķirnei ‘Amato’ pat virs $10\ t\ ha^{-1}$. Stendē kopumā graudu raža bija augstāka un mazāk izteikta bija ziemošanas apstākļu nelabvēlīgā ietekme, līdz ar to arī graudu ražas svārstības pa gadiem bija mazāk izteiktas. Vidējā graudu raža abās izmēģinājumu veikšanas vietās ir parādīta 1. tabulā.

Gan Stendē, gan arī Priekuļos izteikti ražīgākas bija hibrīdās rudzu šķirnes. Kā Priekuļos, tā arī Stendē ziemas rudzu graudu ražas visos gados stabili palielinājās līdz slāpekļa mēslojuma normai N_{90} , un atsevišķos gados līdz N_{120} . Tālāka slāpekļa mēslojuma normas palielināšana pozitīvu efektu nedeve, bet atsevišķos gados bija pat ar negatīvu tendenci.

Iegūto graudu daudzums uz vienu izlietoto slāpekļa kg līdz ar slāpekļa normas palielināšanu strauji samazinājās. Lietojot N_{30} , slāpekļa atdeve vidēji bija $28.72\ kg$ graudu uz $1\ kg$ slāpekļa, bet lietojot N_{210} , vairs tikai $9.20\ kg$. Ar slāpekļa mēslojuma normu $N_{90} - N_{120}$ slāpekļa atdeve bija attiecīgi $19.66 - 15.72\ kg$ graudu uz vienu kg izlietotā slāpekļa (2. tabula). Šīs sakarības ir jāņem vērā, rēķinot mēslošanas ekonomisko izdevīgumu. Augstas mēslojuma normas ir saistītas ar lieliem papildus izdevumiem, kurus ar samērā niecīgo ražas pieaugumu vairs nevar atgūt.

1. tabula Table 1

Graudu ražas vidēji Priekuļos un Stendē, t ha⁻¹
Grain Yield on Average for Priekuli and Stende, t ha⁻¹

Mēslojuma variants / Treatment	Ražas gads / Year of harvest				Vidēji / Average	Ražas pieaugums / Increase of yield	
	2009	2010	2011	2012		salīdz. ar kontroli / in comparison with N ₀ P ₀ K ₀	salīdz. ar fonu / in comparison with N ₀ PK
N ₀ P ₀ K ₀	3.76	3.80	4.75	6.38	4.67	×	×
N ₀ PK	3.98	4.12	5.46	6.76	5.08	0.41	×
N ₃₀ PK	5.02	5.14	5.66	7.80	5.91	1.24	0.83
N ₆₀ PK	5.53	5.53	6.20	8.21	6.37	1.70	1.29
N ₉₀ PK	6.04	6.28	6.40	8.56	6.82	2.15	1.74
N ₁₂₀ PK	6.33	6.41	6.29	8.38	6.85	2.18	1.77
N ₁₅₀ PK	6.40	6.45	6.40	8.20	6.86	2.19	1.78
N ₁₈₀ PK	6.34	6.45	6.48	8.42	6.92	2.25	1.84
N ₂₁₀ PK	6.28	6.51	6.46	8.43	6.92	2.25	1.84
RS ₀₅	0.43	0.58	0.38	0.55	×	×	×

2. tabula Table 2

Graudi, kg uz 1 kg lietotā N, vidējie rādītāji
Obtained Grain Yield, kg per kg of N applied, average indications

Mēslojuma variants / Treatment	'Kaupo'		Vidēji / Average	'Rasant', 'Amato'		Vidēji / Average
	Priekuļi	Stende		Priekuļi	Stende	
N ₃₀ PK	28.44	22.59	25.52	35.54	28.30	31.92
N ₆₀ PK	22.72	16.20	19.46	27.82	28.30	28.06
N ₉₀ PK	18.04	16.65	17.34	23.64	20.33	21.98
N ₁₂₀ PK	12.36	13.04	12.70	17.32	20.16	18.74
N ₁₅₀ PK	7.47	10.66	9.06	15.10	17.39	16.24
N ₁₈₀ PK	7.80	8.73	8.26	12.00	14.19	13.09
N ₂₁₀ PK	5.79	17.07	11.40	6.77	9.60	8.19

Augu barības vielu izmantošanās rādītāji ir atkarīgi no ražas lieluma un no šo barības elementu satura graudos un salmos (izneses). Slāpekļa saturs graudos pa gadiem nedaudz mainījās, ar tendenci samazināties gados ar augstākām graudu ražām (2012. g.). Palielinot slāpekļa mēslojuma normu, slāpekļa saturam graudos bija tendence palielināties, taču tas nebija izteikti katru gadu. Līdz ar to vidējais slāpekļa saturs graudos bija no 1.68% variantā bez mēslojuma līdz 1.87% variantā N₂₁₀. Līdzīgas tendences bija arī proteīna saturam graudos, jo abi šie rādītāji ir savstarpēji saistīti.

Slāpekļa saturs salmos mēslojuma ietekmē pa gadiem un šķirnēm nedaudz svārstījās, tam bija vērojama tendence palielināties, palielinot slāpekļa mēslojuma normu. Vidēji tas bija ap 0.65%.

Slāpekļa kopējā iznese ar ražu ir atkarīga no graudu un salmu ražas lieluma un slāpekļa satura tajā. Tā kā Stendē bija augstāka graudu raža, tad arī vidējie slāpekļa izneses rādītāji no 1 ha bija augstāki nekā Priekuļos. Ar graudu un salmu ražu, lietojot slāpekļa mēslojuma normu N₉₀ – N₁₂₀, no viena ha tika iznests 140 – 150 kg slāpekļa ar vidējo slāpekļa mēslojuma izmantošanos 40 – 45% no mēslojumā iedotā.

P₂O₅ saturs graudos bija diezgan stabils, ar vidējo rādītāju 0.85%, atsevišķām svārstībām vairāk bija gadījuma raksturs. Līdzīga aina vērojama arī ar salmiem, kur vidējais P₂O₅ saturs bija 0.25%. Vidējais ar minerālmēsliem dotā fosfora izmantošanās rādītājs bija ap 45 – 50%.

K₂O saturs rudzu graudos arī bija diezgan stabils – vidēji 0.60% – un slāpekļa mēslojuma ietekmē praktiski nemainījās, bija tikai nelielas svārstības pa gadiem. Kālija saturs salmos bija ievērojami augstāks nekā graudos un nestabils – mainījās diezgan plašā amplitūdā kā pa gadiem, tā

arī pa pētījumu vietām. Slāpekļa mēslojuma ietekme uz K_2O saturu nebija izteikta. Vidējais K_2O saturs salmos bija ap 1.15%. Ar minerālmēsliem dotā kālija izmantošanās koeficients svārstījās atkarībā no pētījumu gada, šķirnes, kā arī slāpekļa mēslojuma normas, taču pētījumu gadu vidējais rādītājs bija ap 40 – 45%.

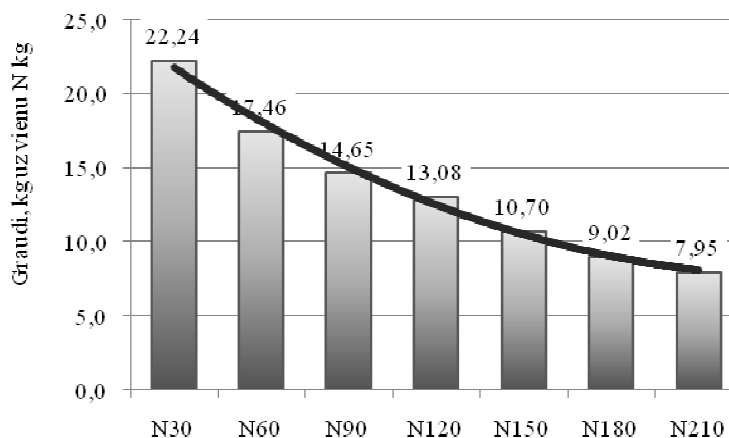
Vasaras kvieši/Spring wheat. Vasaras kviešu graudu raža pa gadiem bija salīdzinoši svārstīga. Augstākās ražas abās izmēģinājumu vietās iegūtas 2012. gadā ar ražu līmeni virs $6 t ha^{-1}$. Mazāk veiksmīgs vasaras kviešiem bija 2008. gads Pēterlaukos, kad graudu raža bija salīdzinoši pieticīga un slāpekļa mēslojuma ietekme uz ražas lielumu bija minimāla. Līdzīga situācija ar slāpekļa mēslojuma ietekmi atkārtojās arī 2010. gadā, tikai ražas līmenis bija ievērojami augstāks: graudu raža starp atsevišķiem variantiem bija robežās no $5.64 - 6.06 t ha^{-1}$. Vidējie rādītāji Pēterlaukos (5 gadi) un Stendē (3 gadi) liecina, ka variantos bez slāpekļa mēslojuma (bez mēslojuma, fons) augstākās graudu ražas varēja iegūt Pēterlaukos. Taču, lietojot attiecīgas slāpekļa mēslojuma normas, ražu līmenis starp pētījumu vietām izlīdzinājās, un jau ar slāpekļa mēslojuma normu N_{90} graudu ražu līmenis Stendē pakāpeniski pārsniedza ražu lielumu Pēterlaukos. Augstākās graudu ražas tika iegūtas ar slāpekļa mēslojuma normu N_{120} (3. tabula). Tālāka slāpekļa mēslojuma normas palielināšana tikai atsevišķos gados uzrādīja nebūtiskas ražas svārstības.

3. tabula Table 3

Graudu ražas vidēji Pēterlaukos un Stendē, $t ha^{-1}$
Grain Yield on Average for Peterlauki and Stende, $t ha^{-1}$

Mēslojuma variants <i>Treatment</i>	Pētījumu vieta <i>Place of experiment</i>		Vidēji <i>Average</i>	Ražas pieaugums <i>Increase of yield</i>	
	Pēterlauki	Stende		salīdz. ar kontroli in <i>comparison with</i> $N_0P_0K_0$	salīdz. ar fonu <i>in comparison with</i> N_0PK
$N_0P_0K_0$	3.85	3.32	3.59	×	×
N_0PK	4.01	3.47	3.74	-0.93	×
$N_{30}PK$	4.55	4.34	4.45	-0.22	-0.63
$N_{60}PK$	4.89	4.79	4.84	0.17	-0.24
$N_{90}PK$	4.98	5.36	5.17	0.50	0.09
$N_{120}PK$	5.26	5.57	5.41	0.74	0.33
$N_{150}PK$	5.23	5.71	5.47	0.80	0.39
$N_{180}PK$	5.25	5.74	5.49	0.82	0.41
$N_{210}PK$	5.29	5.79	5.54	0.87	0.46
RS_{05}	0.50	0.38	×	×	×

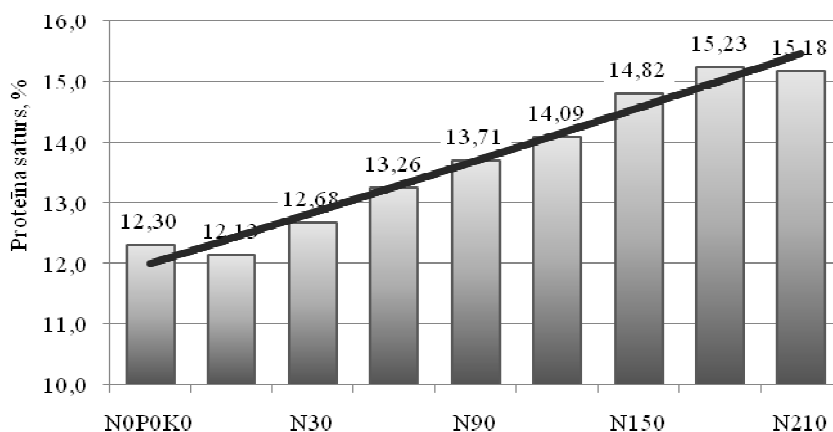
Iegūto graudu daudzums uz izlietotā slāpekļa vienību pa atsevišķiem gadiem bija diezgan svārstīgs (1. attēls). Pēterlaukos ar mazu slāpekļa atdevi raksturojams 2008. un 2010. gads, kad ražas neatkarīgi no slāpekļa mēslojuma normas bija līdzīgas. Līdz ar to, kaut arī pārējos gados uz vienu kg izlietotā slāpekļa tika iegūts salīdzinoši liels graudu daudzums, vidējais rādītājs bija ievērojami zemāks nekā Stendē. Iegūtie rezultāti abās pētījumu vietās kopā un atsevišķi liecina, ka palielinot slāpekļa mēslojuma normu, tā atdeve ar iegūto graudu daudzumu pakāpeniski samazinās. Ja lietojot N_{30} uz vienu kg izlietotā slāpekļa tika iegūti vidēji 22.24 kg graudu, tad ar slāpekļa mēslojuma normu N_{210} vairs tikai 7.95 kg graudu. Kā jau tika minēts iepriekš, augstākās graudu ražas tika iegūtas ar mēslojuma normu N_{120} , kas nodrošināja vidēji 13.08 kg graudu uz 1 kg izlietotā slāpekļa mēslojuma.



1. att. Vidējais graudu daudzums, kg uz 1 kg izlietotā slāpekļa.

Fig. 1. *Obtained Wheat Grain Yield on Average, kg per kg of N applied.*

Vasaras kviešu šķirne ‘Taifun’ pēc kvalitātes rādītājiem ir iedalīta elites (E) grupā, tie ir graudi ar paaugstinātiem kvalitātes rādītājiem. Atsevišķos gados (2008, 2011) Pēterlaukos salīdzinoši augsts proteīna saturs graudos (15 un pat 16%) tika iegūts jau ar salīdzinoši nelielām slāpekļa mēslojuma normām, N_{30} – N_{60} , bet 2009. gadā, lai stabili sasniegtu proteīna saturu virs 14%, bija nepieciešama slāpekļa mēslojuma norma N_{150} . Vidējie 5 gadu rādītāji liecina (2. att.), ka, lai stabili nodrošinātu proteīna saturu atbilstoši E grupas prasībām, dotajai šķirnei, ievērojot atbilstošus audzēšanas apstākļus, pilnīgi pietiekama slāpekļa mēslojuma norma bija N_{120} . Stendē trīsgadīgos pētījumos proteīna svārstības pa atsevišķiem gadiem bija mazāk izteiktas un ar zemākiem rādītājiem. Lai sasniegtu E grupu, bija nepieciešamas salīdzinoši lielas slāpekļa mēslojuma normas – līdz pat N_{180} , kas ekonomiski praktiski vairs neattiecinājas. Kvalitatīvu pārtikas graudu ieguvei (pēc proteīna satura) nepieciešama slāpekļa mēslojuma norma N_{120} , bet, lai graudi atbilstu A kvalitātes grupai, Stendes apstākļos nepieciešamā slāpekļa mēslojuma norma bija N_{150} .



2. att. Vidējais proteīna saturs vasaras kviešu graudos, %.

Fig. 2. *Protein Content in Grain of Wheat, on Average, %.*

Lipekļa saturs abās pētījumu vietās bez slāpekļa mēslojuma vai ar nelielām tā normām pa atsevišķiem gadiem variēja diezgan plašās robežās. Taču jau ar slāpekļa mēslojuma normu N_{90} un it īpaši N_{120} Pēterlaukos lipekļa saturs pa atsevišķiem gadiem izlīdzinājās. Stabili pa gadiem lipekļa saturu virs 28% abās izmēģinājumu vietās nodrošināja slāpekļa mēslojuma norma N_{150} .

Sedimentācijas vērtības rādītāju, atbilstošu A kvalitātes grupas prasībām, vasaras kvieši abās pētījumu vietās uzrādīja visos variantos, t. sk. arī bez mēslojuma. Taču augstākās kvalitātes rādītāji (virs 50 cm³) katru gadu (izņemot 2009. g.) tika iegūti ar slāpekļa mēslojuma normu N_{120} . Stendē, lai sasniegtu šādus rādītājus, nepieciešamā slāpekļa mēslojuma norma bija N_{150} .

Slāpekļa saturs graudos ir tieši saistīts ar proteīna saturu, un līdz ar to arī slāpekļa satura izmaiņas graudos ir adekvātas proteīna saturam. Slāpekļa saturs salmos pieauga slāpekļa mēslojuma normai palielinoties, taču pa gadiem tas bija svārstīgs un lielā mērā atkarīgs no gada meteoroloģiskās situācijas. Atsevišķos gados slāpekļa satura salmos starpība starp variantiem N_0 un N_{210} bija divas un pat vairāk reizes. Stendē audzētajiem vasaras kviešiem salīdzinot ar Pēterlaukiem salmos slāpekļa saturs bija augstāks. Vidēji pie slāpekļa mēslojuma normas $N_{120} - N_{150}$ slāpekļa saturs salmos bija ap 1%. Pie šāda mēslojuma ar attiecīgu graudu un salmu ražu un atbilstošiem graudu kvalitātes rādītājiem no augsnes tika iznests ap 160 – 170 kg slāpekļa.

Slāpekļa izmantošanas koeficients no dotā mēslojuma pa gadiem bija mainīgs un it īpaši neadekvāts tas bija 2010. gadā Pēterlaukos. Taču kopumā, slāpekļa mēslojuma normai pieaugot, parādījās jau zināmā sakarība – samazinājās tā izmantošanas koeficients no 86.65% variantā N_{30} līdz 46.56% variantā N_{210} ar vidējo rādītāju 65% variantā $N_{120} - N_{150}$.

P_2O_5 saturs vasaras kviešu graudos un salmos bija diezgan stabils, un slāpekļa mēslojuma ietekmē izmaiņas nebija būtiskas. Nelielas svārstības bija vērojamas atkarībā no veģetācijas perioda rakstura un audzēšanas vietas. Vidējie rādītāji graudos saussnē bija ap 2.5%, bet salmu saussnē ap 0.25%.

Arī kālija saturs graudos bija diezgan stabils, ar nelielām svārstībām pa gadiem, un nebija atkarīgs no slāpekļa mēslojuma normas. K_2O saturs salmos, pieaugot slāpekļa mēslojuma normai, palielinājās un vidēji bija apmēram divas reizes augstāks nekā K_2O saturs graudos.

Vasaras mieži/Spring barley. Arī miežiem, atkarībā no gada meteoroloģiskajiem apstākļiem un izmēģinājumu veikšanas vietas, iegūtās graudu ražas lielums bija svārstīgs. Šīs svārstības vairāk bija izteiktas variantos bez mēslojuma vai arī ar nelielu slāpekļa mēslojuma normu. Apkopotie vidējie rādītāji liecina, ka Latvijas apstākļos salīdzinoši stabili miežu graudu raža palielinās līdz slāpekļa mēslojuma normai N_{90} . Šo varētu uzskatīt par pamatnormu. Tālākā slāpekļa vajadzība jānosaka, balstoties uz prognozētām veģetācijas perioda īpatnībām, augu stāvokli, kā arī citām pazīmēm, kas varētu liecināt par papildus slāpekļa vajadzību un efektīvu izmantošanu, t. i., iespēju gūt pozitīvu efektu, palielinot slāpekļa normu virs 90 kg ha⁻¹ N. Piemēram, lietderību normu palielināt vēl par N_{30} un dot to papildmēslojuma veidā. Vēl lielāka (virs 120 kg ha⁻¹ N) slāpekļa mēslojuma normas palielināšana nevienā izmēģinājumu vietā pārliecinošu pozitīvu efektu nedeva. Arī citās valstīs veiktajos pētījumos atkarībā no klimatiskās zonas un augšņu īpatnībām vasaras miežu augstākās ražas iegūtas, lietojot $N_{60} - N_{120}$ kg ha⁻¹. Mūsu, kā arī citu valstu pētnieku iegūtie pētījumu rezultāti liecina, ka tālāka slāpekļa mēslojuma normas palielināšanas ietekme uz ražas lielumu vairāk bija atkarīga no veģetācijas perioda īpatnībām (4. tabula).

4. tabula Table 4

Graudu raža vidēji Pēterlaukos, Priekuļos un Stendē, t ha⁻¹
Grain Yield on Average for Peterlauki, Priekuli and Stende, t ha⁻¹

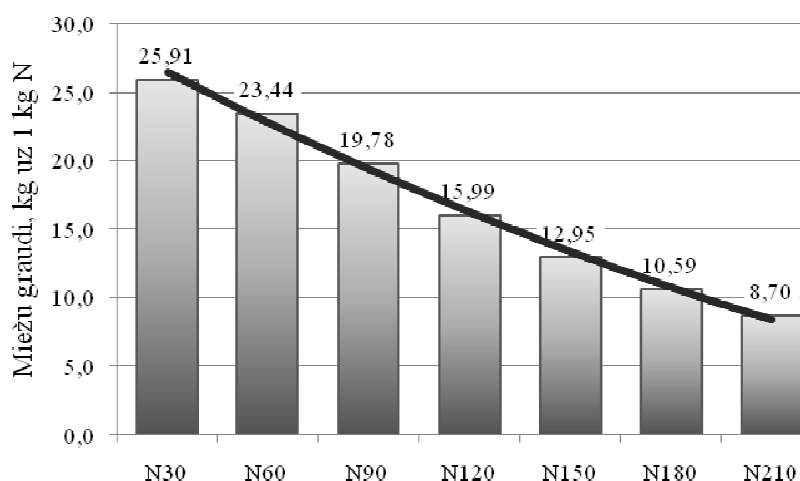
Mēslojuma variants <i>Treatment</i>	Pētījumu vieta <i>Place of experiment</i>			Vidēji <i>Average</i>	Ražas pieaugums <i>Yield increase</i>	
	Pēterlauki	Priekuļi	Stende		salīdz. ar kontroli <i>in comparison with $N_0P_0K_0$</i>	salīdz. ar fonu <i>in comparison with N_0PK</i>
$N_0P_0K_0$	3.79	2.74	3.22	3.25	×	×
N_0PK	3.97	2.90	3.07	3.31	0.06	×
$N_{30}PK$	4.54	3.91	3.82	4.09	0.84	0.78
$N_{60}PK$	4.94	4.66	4.56	4.72	1.47	1.41
$N_{90}PK$	5.19	4.74	5.35	5.09	1.84	1.78
$N_{120}PK$	5.13	4.96	5.60	5.23	1.98	1.92
$N_{150}PK$	5.13	4.83	5.80	5.26	2.01	1.95
$N_{180}PK$	5.06	4.73	5.87	5.22	1.97	1.91
$N_{210}PK$	5.08	4.42	5.92	5.14	1.89	1.83
RS_{05}	0.45	0.69	0.40	×	×	×

Nozīmīgs rādītājs ir slāpekļa lietošanas efektivitāte jeb iegūtais graudu daudzums uz patērētā slāpekļa mēslojuma vienību. Kā liecina apkopotā informācija, visaugstākā atdeve no

slāpekļa mēslojuma – 21.3 kg graudu uz 1 kg patērētā slāpekļa – bija iegūta ar vismazāko slāpekļa mēslojuma normu – N_{30} . Ar katru nākamo mēslojuma normu slāpekļa lietošanas efektivitāte pakāpeniski samazinājās. Starp mazāko un lielāko slāpekļa mēslojuma normu samazinājums bija 65%. Arī datu matemātiskā apstrāde liecina, ka slāpekļa lietošanas efektivitāte bija tieši atkarīga no slāpekļa mēslojuma normas – $R^2 = 0.9795$.

Par pamatu ņemot iegūto graudu daudzumu uz patērētā slāpekļa vienību, var vienkārši aprēķināt tā saukto ekonomiski izdevīgo mēslošanas normu: tā ir norma, kuras lietošana, ņemot vērā konkrētās sezonas cenu mēslošanas līdzekļiem un graudiem, vēl ir saimnieciski izdevīga.

Mēslojuma ietekmē mainījās arī barības elementu iznese ar miežu ražu. Slāpekļa izneses izmaiņas bija saistītas ar ražas pieaugumu slāpekļa mēslojuma ietekmē, kā arī ar slāpekļa satura palielināšanos gan graudos, gan arī salmos. Ja mēslojuma norma bija lielāka par $N_{90} - N_{120}$ kg ha⁻¹, tad slāpekļa izneses pieaugumu noteica tikai slāpekļa satura pieaugums graudos un salmos.



3. att. Iegūto graudu daudzums kg uz 1 kg izlietotā slāpekļa.
Fig. 3. Obtained Barley Grain Yield, kg per kg of N applied

Augu barības vielu izmantošanās no pielietotā mēslojuma mainījās pa gadiem. Slāpekļa izmantošanās koeficients no lietotā minerālmēslojuma atkarībā no izmēģinājumu vietas un gada svārstījās no 0.20 līdz 0.70, ar izteiktu tendenci, ka, palielinoties slāpekļa mēslojuma normai līdz $N_{90} - N_{120}$, slāpekļa izmantošanās vairumā gadījumu palielinājās, taču tālākai slāpekļa mēslojuma normas palielināšanai jau bija negatīvs efekts – izmantošanās koeficients samazinājās. Vidēji visos gados un vietās augstāks slāpekļa izmantošanās koeficients konstatēts ar slāpekļa mēslojuma normu $N_{60} - 0.49$, $N_{90} - 0.50$, $N_{120} - 0.51$, saglabājot sakarību, ka ar katru nākamo slāpekļa mēslojuma normu tā izmantošanās koeficients pakāpeniski samazinās.

Slāpekļa mēslojuma normas palielinājums veicināja arī P_2O_5 izmantošanos. Tas sākotnēji bija saistīts ar graudu un salmu ražas pieaugumu, bet no slāpekļa mēslojuma normas $N_{90} - N_{120}$ arī ar salmu īpatsvara palielināšanos kopējā ražas masā. Slāpekļa mēslojuma normas palielināšana būtiski ietekmēja K_2O izmantošanos. Jau sākot ar pirmo slāpekļa mēslojuma normu N_{30} , salīdzinājumā ar N_0PK , un arī turpmāk līdz pat N_{150} , ar katru nākamo N mēslojuma soli K_2O izmantošanās koeficients palielinājās par 0.20, sasniedzot 0.97. Tas bija saistīts gan ar salmu īpatsvara palielināšanos kopējā ražas apjomā, gan arī ar kālija satura straujo pieaugumu salmos.

Pētījumu rezultāti vēlreiz parādīja veģetācijas perioda meteoroloģisko apstākļu lielo lomu graudaugu ražas veidošanā. Pat pie vienādas, agronomiski precīzas agrotehnikas un citu pasākumu skrupulozas izpildes, ražas svārstības pa gadiem bija ievērojamas. Tas apliecina tikai to, ka nav iespējams mehāniski rēķināt un cerēt, ka dodot bagātīgu mēslojumu, ik gadus tiks sasniegts iecerētais mērķis – noteiktas (un augstas) mērķražas ieguve. Ir noteikts slāpekļa daudzums, kas spēj nodrošināt kultūraugu vajadzību pēc tā pat pie liela ražas līmeņa, ja vien izveidojas labvēlīgi apstākļi tā sasniegšanai. Ja tādu nav – pārmērīgi dotais slāpekļlis nesīs gan ekonomiskus zaudējumus, gan arī palielinās vides riskus. Risinājums ir mēslošanas shēmās – tām ir jābūt

pietiekami elastīgām, paredzot variācijas atkarībā no veģetācijas perioda apstākļiem; atbilstošā līmenī arī jāuztur augsnes auglība, lai veiksmes gadā augstas ražas nodrošināšanai graudaugiem būtu papildus slāpekļa rezerves.

Pētījuma rezultāti tika izmantoti, lai atjaunotu augu barības elementu izneses, kā arī mēslošanas vajadzības normatīvus Latvijā, kas ir nepieciešami mēslošanas plānošanai (Kārklīšs, Ruža, 2013). Salīdzinot ar iepriekšējiem NPK iznesu publicējumiem (Kārklīšs, 2001; Lauksaimniecības kultūru..., 1992; Līpenīte, Kārklīšs, 2001), tika veiktas atbilstošas izmaiņas, jo, mainoties šķirnēm un pilnveidojoties agrotehnikai, mainās arī ražas ķīmiskais sastāvs.

Secinājumi

Ar lauka izmēģinājumu palīdzību, kas 4 līdz 5 gadus vienlaikus tika veikti vairākās vietās Latvijā, tika noskaidrota optimālā slāpekļa norma rudziem, vasaras kviešiem un vasaras miežiem. Optimizāciju var veikt atbilstoši noteiktam kritērijam, kuru lauksaimnieks izvirza kā noteicošo. Tie var būt: maksimāli iegūstamā raža, maksimāls proteīna saturs graudos, iespējami pilnīgāka mēslojuma izmantošanās vai arī pēc iespējas lielāka atdeve no katra pielietotā slāpekļa minerālmēsļu tīrvielas daudzuma. No pēdējā var atvasināt slāpekļa mēslojuma lietošanas ekonomisko efektivitāti.

Izmantotā literatūra

1. Kārklīšs A., Ruža A. (2013). *Lauku kultūraugu mēslošanas normatīvi*. Jelgava: LLU. 55 lpp.
2. Kārklīšs A. (2001). Augu barības elementu iznesas kā lauksaimniecības agroekoloģiskais indikators. *Agronomijas Vēstis*, No. 3, 14. – 19. lpp.
3. *Lauksaimniecības kultūru ķīmiskais sastāvs un augu barības vielu izneses* (1992). Sast.: A. Beināre, Z. Priedniece, I. Zakke, H. Kaušs. Rīga: Agroinformācija. 63 lpp.
4. Līpenīte I., Kārklīšs A. (2001). Augu barības elementu iznesu aprēķins normatīvu precizēšanai. *LLU Raksti*, Nr. 4, 35. – 39. lpp.

MINIMĀLĀS UN TRADICIONĀLĀS APSTRĀDES IETEKME UZ AUGSNES TILPUMMASU ARAMKĀRTĀ *EFFECT OF MINIMUM AND CONVENTIONAL SOIL TILLAGE ON BULK DENSITY IN THE PLOUGH LAYER*

Andris Bērziņš, Antons Ruža, Anita Sprincina, Matīss Grinvalds, Edgars Lankovskis

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lauksaimniecības fakultāte

andris.berzins@llu.lv

Abstract. *The traditional soil tillage is one of the most energy consuming operations. Substitution of ploughing with different minimum treatments is economically advantageous since it saves fuel by 40 – 60% and eliminates compaction of the soil by heavy agriculture machinery. Many farms apply minimum soil tillage because it saves working time and the number of passes across the field. The aim of the study was to determine the effect of minimum soil tillage on soil bulk density during the spring – autumn period in comparison with the traditional soil tillage technology which is used by many farms. The soil bulk density in the plough layer was determined with capillary porosity applying an impregnation method in both treatments with traditional and minimum tillage. Certified cylinders with the capacity of 100 cm³ and the height of 5 cm., sampling depths: 0 – 5; 5 – 10, 10 – 15, 15 – 20, 20 – 25 and 25 – 30 cm were used. Soil bulk density had been determined in spring - 2 weeks following drilling or soil tillage, as well as in autumn - after harvesting. The mathematical analysis of data was performed with the variance analysis method used for the calculation of the last significant difference $RS_{0.95}$ at confidence interval $P_{0.95}$ and variant impact indicator $\eta\%$, expressed in %. On the whole, soil bulk density in spring at the depth of 5 – 20 cm was relatively lower following the traditional soil tillage than following the minimum tillage, but at the depth of 20 to 30 cm the results were similar. When analyzing the changes of soil bulk density in spring in treatments with soil shelling at the depth of 0 – 5 cm (minimum tillage), significantly*