

SLĀPEKĻA MĒSLOJUMS UN KULTŪRAUGU RAŽAS SILDUS PĒTĪJUMU POLIGONĀ N FERTILISER USE AND GRAIN YIELD IN SILDUS EXPERIMENTAL FIELD

Aldis Kārklīšs, Ināra Līpenīte, Antons Ruža
LLU Lauksaimniecības fakultāte
Aldis.Karklins@llu.lv

Abstract. *In intensive farming only part of nitrogen applied as fertilisers is utilised for yield formation. Nitrogen surplus in soil after crop harvesting may cause environmental problems, therefore optimization of N fertiliser use is of high importance. Fertiliser application rate and timing are the main factors influencing the amount of nitrogen surplus in soil. The field experiment with winter and spring wheat was performed in 2015–2015 growing season with five rates of fertiliser applications – from 0 to 240 kg ha⁻¹ N. The grain yield was strongly determined by N application rate. For winter wheat from 3.17 t ha⁻¹, without N fertilisation up to 7.83 t ha⁻¹ in the plot where 240 kg ha⁻¹ N was applied for winter wheat. For spring wheat 2.77 t ha⁻¹ and 6.07 t ha⁻¹ respectively. The increase of fertiliser rate also increased the amount of soil mineral nitrogen (N–NO₃ + N–NH₄), especially directly after fertiliser use. The main amount of N_{min.} was located in the soil layer 0–30 cm depth, but when high fertiliser rates were applied, also in 30–60 cm depth. The ratio between N–NO₃ and N–NH₄ in soil was different regarding fertiliser rate. Both forms were almost equal in the treatment without N fertilisation, but with increasing fertiliser nitrogen increase of nitrates in soil was observed. The lowest amount of N–NO₃ in soil was during growing season, but its content was growing after harvesting of crops – in all treatments, also without N fertilisation. Soil N_{min.} resources in spring in the plot without N application in 0–30 cm and 0–60 cm depth were not able to form positive N balance, because N take-up was higher compared with N resources, whereas application of 120 and 240 kg ha⁻¹ N made surplus nitrogen accumulation after crop harvest.*

Key words: *soil mineral nitrogen, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, nitrogen fertilisers, nitrogen balance.*

Ievads

Slāpekļa mēslojuma lietošana ir būtisks garants augstu graudaugu ražu un izmantošanas mērķiem atbilstošas graudu kvalitātes nodrošināšanai. Tomēr mēslojums augiem nav vienīgais slāpekļa avots. Augiem viegli izmantojamais slāpekļis veidojas arī augsnes organisko vielu un organisko atlieku pārveides procesos. Augi ražas veidošanai izmanto tikai daļu no konkrētajā sezonā pieejamā slāpekļa. Pētījumi (Raun, Johnson, 1999) rāda, ka globāli rēķinot, graudu ražā akumulējas tikai 33% no kopējiem pieejamajiem minerālā slāpekļa resursiem, kas ražas veidošanās laikā (veģetācijas periodā) atrodas augsnē. Apmēram tikpat daudz slāpekļa saistās blakusprodukcijā. Pārējais imobilizējas, daļa zūd izskalošanās un denitrifikācijas rezultātā, tādējādi ar mēslojumu iedotais slāpekļis netiek produktīvi izmantots. Tas īpaši izteikts augstu slāpekļa mēslošanas normu lietošanas gadījumos. Piemēram, izmēģinājumā Dānijā (Rasmussen et al., 2015), ziemas kviešu mēslošanai izmantojot līdz 150 kg ha⁻¹ N, nitrātu slāpekļa pārpalikums neatkarīgi no normas bijis salīdzinoši neliels. Slāpekļa normas pieaugums no 150 līdz 250 kg ha⁻¹ N neizmanto to pārpalikumu palielināja vidēji par 36%, bet palielinot slāpekļa mēslošanas normu vēl par 100 kg, t.i., līdz 350 kg ha⁻¹, līdz pat 90% no tā netika izmantoti ražas veidošanai. Arī citos pētījumos noskaidrots (D’Haene et al., 2014), ka, līdzko slāpekļa norma pārsniedz kultūraugu augšanai nepieciešamo minimumu, neizmantotais pārpalikums ļoti strauji palielinās. Pat oficiāli noteikto dažādiem kultūraugiem pieļaujamo slāpekļa normu lietošanas rezultātā augsnē ražas novākšanas laikā veidojas slāpekļa pārpalikums: kartupeļiem tas ir ap 70 kg ha⁻¹, kukurūzai 55 – 75 kg ha⁻¹, graudaugiem ap 20 kg ha⁻¹ N. Tādējādi ne tikai samazinās mēslojuma lietošanas efektivitāte, bet palielinās arī apkārtējās vides piesārņošanas riski. Kā viens no galvenajiem priekšnoteikumiem efektīvai slāpekļa izmantošanai ir atbilstošu mēslošanas rekomendāciju izstrāde, kurās tiktu paredzēta visu augiem pieejamo slāpekļa resursu novērtēšana un mēslošanas normu ierobežošana, lai nepārsniegtu kultūrauga vajadzību un pieejamie slāpekļa resursi iespējami pilnīgāk tiktu saistīti kultūraugu ražā (Jaynes et al., 2001; Hong et al., 2007).

Pētījuma mērķis bija noskaidrot dažādu slāpekļa mēslojuma normu ietekmi uz ziemas un vasaras kviešu ražu, vienlaikus kontrolējot minerālā slāpekļa dinamiku augsnē, kā arī aprēķinot N bilanci

augsnē veģetācijas periodā, lai skaidrotu iespējamās slāpekļa avotus ražas veidošanai un kontrolētu tā pārpalikumus augsnē pēc ražas novākšanas.

Materiāli un metodes

Lauku izmēģinājumi tika veikti LLU Vides un būvzinātņu fakultātes Vides un ūdenssaimniecības katedras (prof. V. Jansons u.c.) ierīkotajā stacionārā Saldus novada Zaņas pagastā (koordinātas: 56° 29.68' Z.p. un 22° 14.03' A.g.). Dominējošā augsne izmēģinājumu laukā (nogāzes augšdaļā) – virsēji velēnglejtā augsne (GLu) (Latvijas ..., 2009). Virskārtā: smilšmāls, apakškārtā – smags māls. Atbilstoši WRB – *Endochromic Endoabruptic Luvisol (Endo clayic, Protocolluvic, Cutanic, Hypereutric, Epiloamic, Bathyraptic, Bathystagnic)* (IUSS Working Group ..., 2015). Dominējošā augsne izmēģinājumu laukā (nogāzes lejasdaļā) – virsēji velēnglejtā augsne (GLu) (Latvijas ..., 2009). Virskārtā: smaga smalka mālsmilts, apakškārtā – tas pats. Atbilstoši WRB – *Endoluvic Stagnic Phaeozem (Endochromic, Protocolluvic, Loamic)* (IUSS Working Group ..., 2015).

Augsnes reakcija pH KCl virskārtā 6.50–7.20, apakškārtā – 6.50–6.60. Organiskā oglekļa saturs aramkārtā – 0.928 – 1.566%. Augiem izmantojamais fosfors augsnes virskārtā 52–187 mg kg⁻¹, apakškārtā – 14–66 mg kg⁻¹; kālijs atbilstoši 115–221 un 88–147 mg kg⁻¹ (Egnera–Rīma metode).

Izmēģinājumu lauka kopējā platība ir 2.0 ha un tajā izvietoti pētījumu 15 lauciņi (katrs 40 × 35 m = 1400 m²), kas savā starpā ir norobežoti ar kontūrdrenām. Netece, kas veidojas no katra lauciņa, tiek uztverta ar atsevišķu drenas zaru un novadīta uz monitoringa stacijas mēriekārtām – svārstīgiem kausiņiem ar automātisku ūdens paraugu ņemšanu, kuru piepildījumu uzskaita datu logeris un kontrolei arī mehāniskais skaitītājs. Tas dod iespēju noteikt augu barības vielu izskalošanos no katra individuāla pētījumu lauciņa. Vidējais drenu izbūves dziļums ir 1.2 m, attālumu starp drenām 11 m.

Izmēģinājumu lauka reljefs ir līdzens, taču tas veido 2.5° nogāzi ziemeļu–austrumu virzienā, tāpēc novērojama augsnes agroķīmisko rādītāju variācija: augstākie rādītāji arī nedaudz biežāka augsnes virskārta ir vērojama nogāzes lejasdaļā.

2014. gadā tika ierīkots izmēģinājums ar ziemas kviešiem ‘Skagen’ (priekšaug – ziemas rapsis). Veikta augsnes apstrāde, dots pamatmēslojums 6–26–30, 220 kg ha⁻¹. Izmēģinājumā iekārtoti 5 varianti, trīs atkārtojumos atbilstoši šādai shēmai:

1. Bez mēslojuma³.
2. N60 pavasarī atjaunojoties veģetācijai.
3. N90 pavasarī atjaunojoties veģetācijai + N30 maija I dekāde.
4. N90 pavasarī atjaunojoties veģetācijai + N90 maija I dekāde.
5. N90 pavasarī atjaunojoties veģetācijai + N90 maija I dekāde + N60 jūnija I dekāde.

Slāpekļa mēslojuma avots – amonija nitrāts. Ziemas kvieši iesēti 8. septembrī izmantojot agregātu frēze + sējmašīna. Sējumam pielietota pilna augu aizsardzības shēma. Turpmākie papildmēslojumi veikti 2015. gada 3. aprīlī, 12. maijā un 17. jūnijā. Ražas uzskaitē (19.08.2015.) veikta vācot paraugkūlus 1 m² platībā, trīs no katra pētījumu lauciņa.

2016. gadā 7. aprīlī iesēti vasaras kvieši ‘Granny’, mēslošanas shēma analogiska iepriekšējam. Papildmēslojumi veikti 13. maijā, 4. jūnijā un 20. jūnijā, izmantojot amonija nitrātu. 16. augustā veikta ražas novākšana, analogiski iepriekšējā gada metodikai.

Augsnes paraugi minerālā slāpekļa noteikšanai ņemti līdz 90 cm dziļumam ik pa 30 cm katru mēnesi sākot ar veģetācijas atjaunošanos pavasarī līdz augsnes sasalšanai. Paraugu ņemšanas vietas tika izvēlētas variantos N0, N120 un N240 kg ha⁻¹. No katras ņemšanas vietas vienā paraugošanas reizē tiek paņemti 3 paraugi: no 0–30 cm, 30–60 cm un 60–90 cm augsnes slāņā. Ņemtajos augsnes paraugos nitrātu un amonija slāpekļa saturs noteikts 1 M kālija hlorīda ekstraktā (LVS ISO 14256–2). Augsnes mitruma saturs noteikts saskaņā ar LVS ISO 11465+TC1. Minerālā slāpekļa saturs izteikts miligramos kilogramā absolūti sausas augsnes, bet, ņemot vērā augsnes mitrumu, pārrēķināts miligramos kilogramā dabīgi mitras augsnes. Vadoties pēc augsnes tilpummasas, minerālā slāpekļa saturs pārrēķināts kilogramos vienā hektārā dabīgi mitras augsnes attiecīgā slānī.

Slāpekļa saturs ražā, graudos un salmos noteikts pēc Kjeldāla metodes (LVS ISO 11261).

Meteoroloģiskie apstākļi abos izmēģinājuma gados bija līdzīgi pavasarī veģetācijas perioda sākumā, kad nokrišņu daudzums un vidējā gaisa temperatūra bija tuva vidējiem ilggadīgiem

³ Neskaitot 13.2 kg ha⁻¹ N, kas tika iedots pamatmēslojumā.

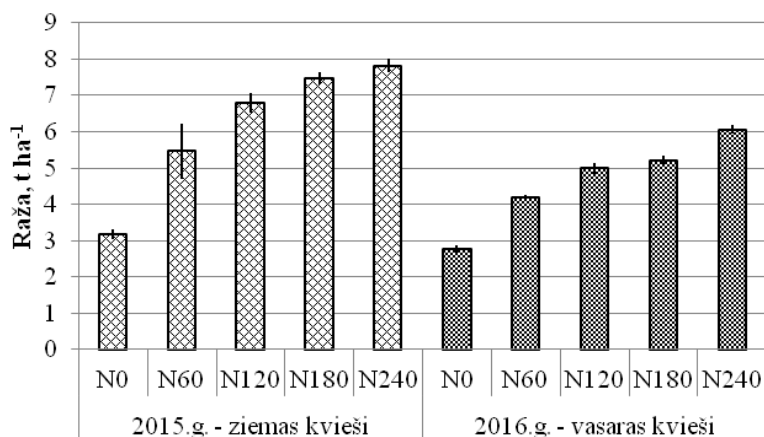
novērojumiem. Vasaras un rudens periodā 2015. gadā bija izteikts mitruma deficīts, turpretī 2016. gadā nokrišņu summa ievērojami pārsniedza normu.

Pētījumā iegūtie rezultāti matemātiski apstrādāti izmantojot aprakstošās statistikas rīku, kā arī korelācijas un regresijas analīzes metodi.

Slāpekļa bilances aprēķinam tika izmantots pieņēmums, ka bilancē ienesas daļu veido kopējie N resursi pavasarī, kas sastāv no N_{\min} augsnē + N mēslojuma norma. Savukārt bilances iznesas sadaļu veido N iznesa ar pamatprodukciju un blakusprodukciju.

Rezultāti un diskusijas

Pētījuma gados iegūtās ziemas kviešu ‘Skagen’ un vasaras kviešu ‘Granny’ ražas lielums bija atkarīgs no lietotās slāpekļa mēslojuma normas (1. att.). Ziemas kviešu graudu raža nemēslotajā variantā bija 3.17 t ha^{-1} , bet pie augstākās slāpekļa normas tā sasniedza 7.83 t ha^{-1} . Salmu raža pieauga attiecīgi no 3.78 līdz 9.27 t ha^{-1} . Vasaras kviešu ražība bija salīdzinoši zemāka. Nemēslotajā variantā ieguva 2.77 t ha^{-1} graudu un 2.70 t ha^{-1} salmu, bet mēslojuma norma 240 kg ha^{-1} N nodrošināja 6.07 t ha^{-1} vasaras kviešu graudu un 5.80 t ha^{-1} salmu ražu. Būtisku ražas pieaugumu salīdzinājumā ar nemēsloto variantu ziemas kviešiem nodrošināja visas slāpekļa normas, bet ražas pieaugums no katriem 60 kg virs 120 kg ha^{-1} N vairs nebija būtisks. Vasaras kviešiem saglabājās līdzīga tendence, vienīgi augstākā slāpekļa norma (240 kg ha^{-1}) būtiski palielināja graudu ražu salīdzinājumā ar 180 kg ha^{-1} N, turpretī salmu raža abos variantos bija praktiski vienāda.



1. att. Slāpekļa mēslojuma normas ietekme uz graudu ražu.

Fig. 1. Grain yield depending on fertiliser rates.
(RS_{05} : 0.83 t ha^{-1} – 2015. g. un 0.26 t ha^{-1} – 2016. g.)

Lietotās slāpekļa papildmēslojuma normas ietekmēja slāpekļa saturu ziemas un vasaras kviešu ražā. Pieaugot slāpekļa normai no 0 līdz 240 kg ha^{-1} N, ziemas kviešu ‘Skagan’ un vasaras kviešu ‘Granny’ graudu sausnā slāpekļa saturs lineāri palielinājās attiecīgi no 1.38 līdz 2.15% ($r = 0.975$) un no 1.56 līdz 2.37% ($r = 0.962$), bet salmos attiecīgi no 0.43 līdz 0.73% ($r = 0.940$) un no 0.32 līdz 0.85% N ($r = 0.970$).

Slāpekļa kopējā iznese ar ziemas un vasaras kviešu graudu un salmu ražu, kā arī slāpekļa izmantošanās no lietotajām slāpekļa normām parādīta 1. tabulā. Slāpekļa akumulācija graudu un salmu ražā cieši korelēja ar lietotā slāpekļa mēslojuma daudzumu ($r = 0.999$ ziemas kviešiem un $r = 0.991$ vasaras kviešiem). Salīdzinājumā ar nemēsloto variantu, augstākā mēslojuma norma (240 kg ha^{-1} N) iznesi, kā ziemas tā arī vasaras kviešiem, gandrīz četrkāršoja. Augstāka slāpekļa izmantošanās no lietotajām mēslojuma normām konstatēta ziemas kviešiem, kur tā vidēji sastādīja 63.4%. No augstākajām normām izmantošanās nedaudz samazinājās. Audzējot vasaras kviešus, slāpekļa izmantošanās bija atšķirīga. Visvairāk slāpekļa (75%) izmantojās no mazākās normas (60 kg ha^{-1}), bet vismazāk – tikai 49.6% no augstākās slāpekļa normas.

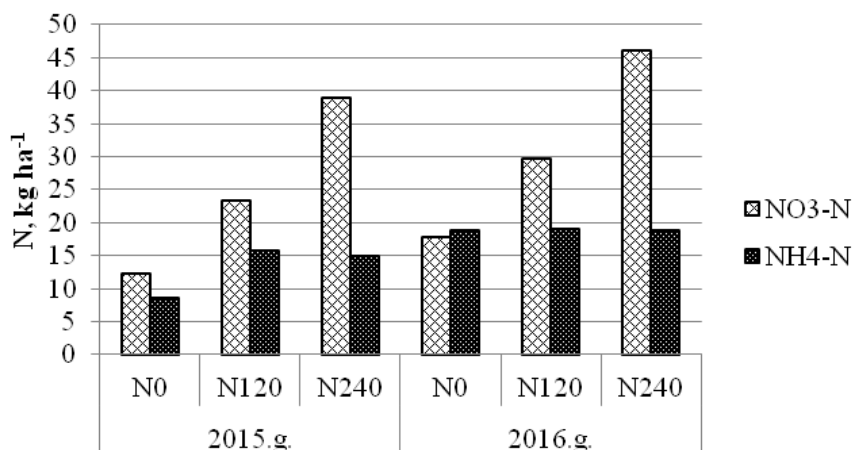
1. tabula *Table 1*

Slāpekļa iznese ar kviešu graudu un salmu ražu un N izmantošanās no mēslojuma
Nitrogen removal by grain and straw yield and fertiliser N recovery

Variants	N iznese ar ražu, kg ha ⁻¹		N izmantošanās no mēslojuma, %	
	2015. g. – z. kv.	2016. g. – v. kv.	2015. g. – z. kv.	2016. g. – v. kv.
N0	50.6	44.0	–	–
N60	89.7	89.0	65.1	75.0
N120	129.0	108.0	65.4	53.3
N180	160.7	138.1	61.2	52.3
N240	198.9	163.1	61.8	49.6

Ražas veidošanai augi slāpekli izmantoja ne tikai no mēslojuma, bet arī no augsnes resursiem. Slāpekļa iznese variantā, kur mēslojums netika lietots, ziemas kviešiem bija 50.6 kg ha⁻¹, bet vasaras kviešiem – 44.0 kg ha⁻¹ N. Ziemas kviešiem līdz pat normai 120 kg ha⁻¹ N, bet vasaras kviešiem tikai pie normas 60 kg ha⁻¹ N, iznese ar ražu bija lielāka nekā ar mēslojumu nodrošinātais slāpekļa daudzums.

Slāpekļa mēslojums palielināja kopējos minerālā slāpekļa krājumus augsnē. Minerālā slāpekļa daudzums augsnē strauji palielinājās pēc mēslojuma došanas, bet tālāk veģetācijas perioda gaitā pakāpeniski samazinājās, atkal no jauna uzrādot tendenci pieaugt periodā pēc ražas novākšanas. Vidēji veģetācijas perioda laikā augsnes 0–90 cm slānī nemēslotajā augsnē 2015. un 2016. gadā bija attiecīgi 20.8 un 36.7 kg ha⁻¹ minerālā slāpekļa, pie slāpekļa normas 120 kg ha⁻¹ N – attiecīgi 39.1 un 48.8 kg ha⁻¹, bet pie slāpekļa normas 240 kg ha⁻¹ N – 53.9 un 65.1 kg ha⁻¹ minerālā slāpekļa (N–NO₃ + N–NH₄). Galvenie minerālā slāpekļa krājumi izvietojās augsnes virskārtas 0–30 cm slānī, taču augstu slāpekļa normu variantos arī 30–60 cm dziļumā. Nitrātu un amonija slāpekļa proporcija minerālā slāpekļa krājumā bija atšķirīga, atkarībā no slāpekļa mēslošanas normas (2. att.). Nemēslotajā variantā abas minerālā slāpekļa formas bija aptuveni līdzīgā daudzumā. Mēslotajos variantos augsnē dominēja nitrātu slāpekļi, kura krājumi abos gados palielinājās tieši proporcionāli iestrādātajai slāpekļa normai. Zemākais nitrātu slāpekļa īpatsvars bija periodos, kad augi intensīvi patērēja slāpekli, bet tā īpatsvars palielinājās veģetācijas perioda beigu daļā kā nemēslotajā, tā arī mēslotajā augsnē.

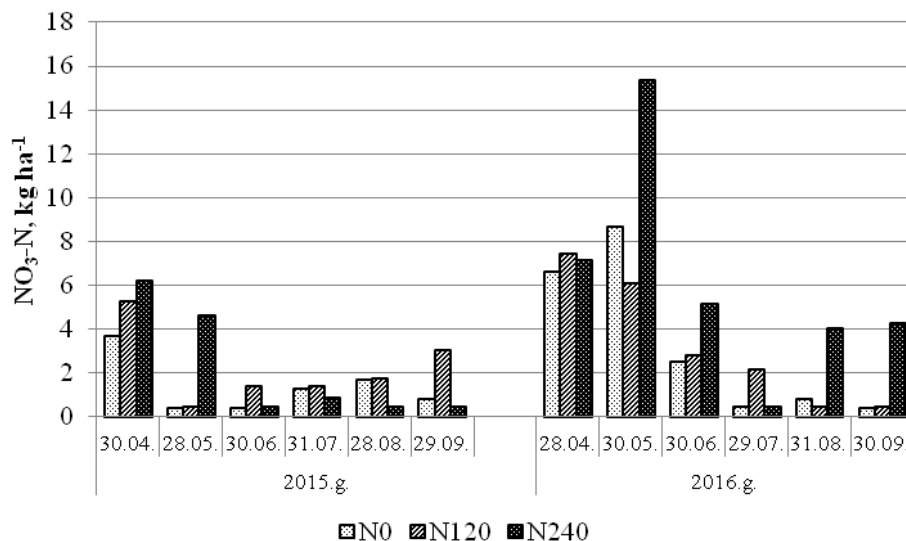


2. att. Amonija un nitrātu slāpekļa krājumu sakarība (vidēji aprīlī–augustā; 0–60 cm) atkarībā no N mēslojuma normas.

Fig. 2. N–NO₃ and N–NH₄ relationship (average for April–August in the soil layer 0–60 cm depth) depending on N fertiliser rate.

No ekoloģiskā viedokļa svarīga ir minerālā slāpekļa dinamika augsnes 60–90 cm slānī, kur tā uzkrājumi varētu liecināt par izskalošanās iespējamību. Nitrātu slāpekļa krājumu izmaiņas 2015. un 2016. gadā laikā no aprīļa līdz septembra beigām šajā augsnes dziļumā atkarībā no lietotās slāpekļa

mēslojuma normas ilustrē 3. att. Augsnes paraugu analīzes parādīja, ka abos gados nitrātu slāpekļa krājumi 60–90 cm slānī bija nelieli, tie lielākoties bija mazāki par 5% no kopējā minerālā slāpekļa daudzuma augsnē. Izteikti lielāks nitrātu slāpekļa uzkrājums augsnē bija vērojams pavasarī, turklāt vairāk izteikts variantā, kur lietota augstākā slāpekļa mēslošanas norma. Taču arī nemēslotajā augsnē nitrātu slāpekļa daudzums šajā periodā 60–90 cm dziļumā nebija izteikti mazāks. Turpmākajā periodā krājumi samazinājās un to korelācija ar slāpekļa mēslošanas normu bija vāji izteikta.

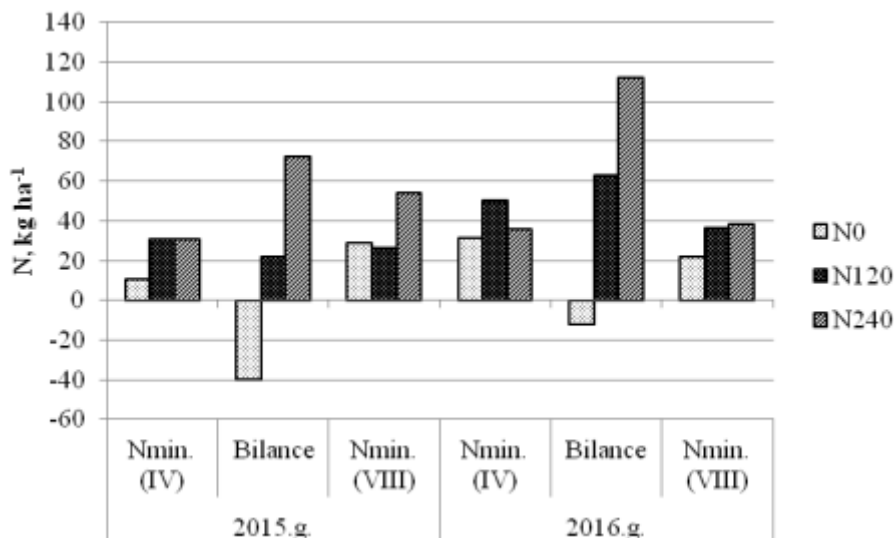


3. att. Nitrātu slāpekļa dinamika augsnes 60–90 cm slānī atkarībā no N mēslojuma normas.

Fig. 3. Mineral nitrogen dynamics in the soil layer 60–90 cm depth depending on N fertiliser rate.

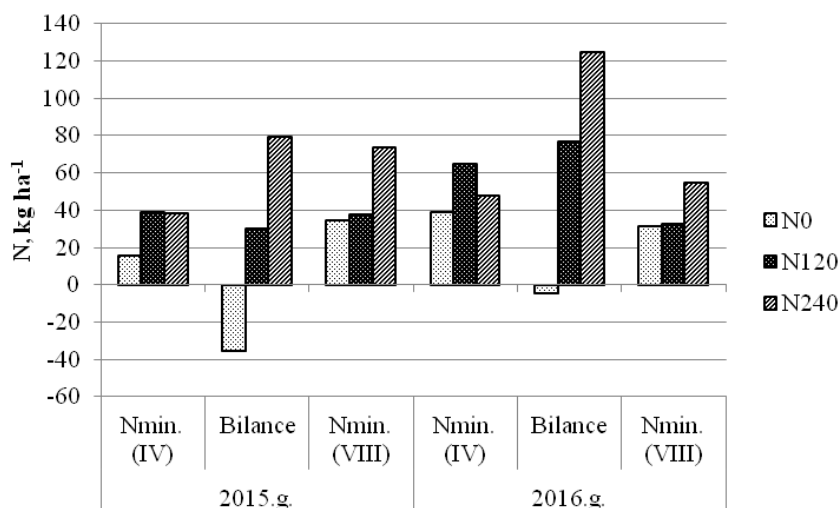
Pētījumi rāda, ka veģetācijas perioda beigās lielāks slāpekļa daudzums augsnē novērojams augstu slāpekļa normu lietošanas gadījumos (Hartl, Erhart, 2005; Rasmussen et al., 2015; Cambouris et al., 2008; Dresler et al., 2011; Kolodziejczyk, 2013). Piemēram, M. Kolodziejczyk (2013) trīsgadīgā izmēģinājumā konstatējis, ka minerālā slāpekļa krājumi, vasaras kviešu ražas novākšanas laikā 0–90 cm augsnes slānī bija palielinājušies vidēji par 10 kg ha⁻¹ N no katriem 40 kg ar mēslojumu dotā slāpekļa. Izteiktāk šī sakarība izpaudusies augsnes virskārtas 0–30 cm slānī, bet 60–90 cm dziļumā minerālā slāpekļa krājumi nebija atkarīgi no mēslojuma normas lieluma.

Slāpekļa mēslošanas normas ietekmē arī ražā nesaistītā slāpekļa pārpalikumu veģetācijas perioda beigās, par ko liecina bilances aprēķina rezultāti (4.–6. att.). Augsnes minerālā slāpekļa resursi, kādi tie bija pavasarī 0–30 cm un 0–60 cm slānī bez slāpekļa mēslojuma, ne vienā no pētījuma gadiem nenodrošināja slāpekļa izneses kompensāciju ar ražu un bilance bija negatīva. Taču ņemot vērā minerālā slāpekļa krājumus 0–90 cm slānī, slāpekļa bilance 2016. gada apstākļos bija pozitīva. Savukārt papildus augsnes nodrošinājumam lietojot mēslojumu (120 un 240 kg ha⁻¹ N), ziemas un vasaras kviešu ražā slāpeklis netika pilnībā akumulēts.



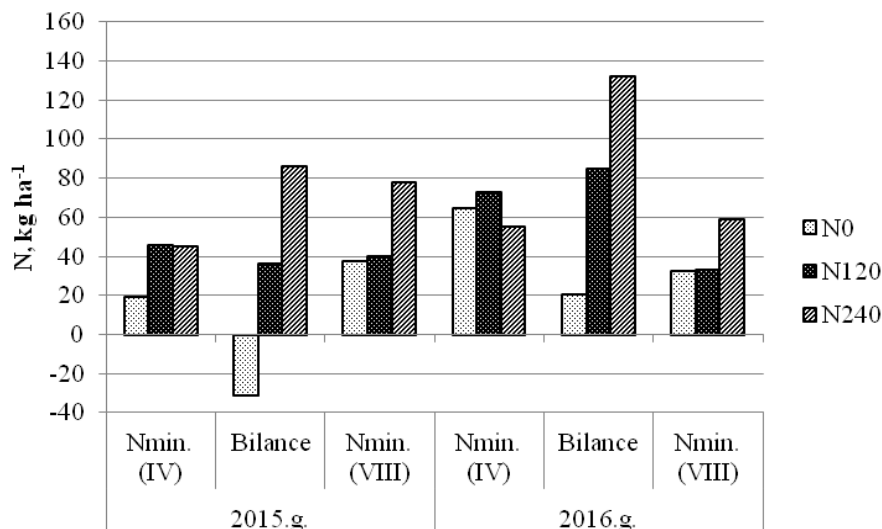
4. att. N balance un $N_{min.}$ krājumi augsnē 0 – 30 cm slānī veģetācijas perioda sākumā un beigās atkarībā no lietotās N mēslojuma normas.
 Fig. 4. Nitrogen balance depending on $N_{min.}$ in the layer of 0–30 cm depth at the beginning and end of vegetation and N fertiliser rate.

Korelācija starp bilanci un $N_{min.}$ (IV) – $r=0.658$, $N_{min.}$ (VIII) – $r=0.665$)



5. att. N balance un $N_{min.}$ krājumi augsnē 0–60 cm slānī veģetācijas perioda sākumā un beigās atkarībā no lietotās N mēslojuma normas.
 Fig. 5. Nitrogen balance depending on $N_{min.}$ in the layer of 0–60 cm depth at the beginning and end of vegetation and N fertiliser rate.

Korelācija starp bilanci un $N_{min.}$ (IV) – $r=0.712$, $N_{min.}$ (VIII) – $r=0.595$)



6. att. N balance un $N_{\min.}$ krājumi augsnē 0–90 cm slānī veģetācijas perioda sākumā un beigās atkarībā no lietotās N mēslojuma normas.

Fig. 6. Nitrogen balance depending on $N_{\min.}$ in the layer of 0–90 cm depth at the beginning and end of vegetation and N fertiliser rate.

Korelācija starp bilanci un $N_{\min.}$ (IV) – $r=0.584$, $N_{\min.}$ (VIII) – $r=0.554$)

Mēslošanas variantos neizmantotais slāpekļa pārpalikums 2016. gadā bija ievērojami lielāks nekā 2015. gadā. Tas zināmā mērā varētu būt skaidrojams ar atšķirīgiem augsnes minerālā slāpekļa krājumiem augsnē pavasarī. Ciešāka korelācija bilancei bija ar slāpekļa krājumiem augsnes 0–30 un 0–60 cm slānī. Slāpekļa mēslojuma lietošanas variantos bilance bija pozitīva un palielinājās līdz ar mēslojuma normu. Tā, mēslošanai lietojot 120 un 240 kg ha⁻¹ N, augsnes 0–60 cm slānī ražas veidošanai neizmantotais slāpekļa daudzums 2015. gadā sastādīja attiecīgi 29.9 un 86.3 kg ha⁻¹ N, bet 2016. gadā attiecīgi 76.7 un 124.7 kg ha⁻¹ N.

Ražas veidošanai neizmantotais slāpekļa pārpalikums (aprēķinātā bilance) atšķirās no minerālā slāpekļa satura augsnē pēc ražas novākšanas. Tā, nemēslojamajā variantā, kur slāpekļa bilance bija negatīva, augusta beigās slāpekļa krājumi augsnes 0–60 cm slānī 2015. gadā sasniedza 34.8 kg ha⁻¹, bet 2016. gadā bija 31.3 kg ha⁻¹ N, kas varēja būt veidojies augsnes organiskās vielas mineralizācijas gaitā. Praktiski tik pat daudz minerālā slāpekļa (attiecīgi 37.6 un 32.5 kg ha⁻¹ N) augsnē augusta beigās bija arī variantā, kur ar mēslojumu tika lietoti 120 kg ha⁻¹ N, un kā rāda bilance – 29.9 kg no tā netika akumulēti ražā. Atšķirīgi rezultāti pētījuma gados iegūti variantā, kur ar mēslojumu nodrošināti 240 kg ha⁻¹ N. Minerālā slāpekļa krājumi augsnē ražas novākšanas laikā 2015. gadā bija 73.7 kg ha⁻¹ N, kas ir tikai nedaudz mazāk kā ražā nesaistītais slāpekļa pārpalikums (79.7 kg ha⁻¹ N). Savukārt 2016. gada augusta beigās augsnes 0–60 cm slānī bija 54.6 kg ha⁻¹ minerālā slāpekļa, lai gan ražā nesaistītais slāpekļa uzkrājums sastādīja 124.7 kg ha⁻¹ N.

Secinājumi

- Slāpekļa mēslojuma normu palielinājums, palielina arī $N_{\min.}$ daudzumu augsnē, sevišķi pēc mēslojuma iestrādes.
- Galvenie $N_{\min.}$ krājumi izvietojās augsnes virskārtas 0–30 cm slānī, taču augstu slāpekļa normu variantos arī 30–60 cm dziļumā.
- Nitrātu un amonija slāpekļa proporcija minerālā slāpekļa krājumā bija atšķirīga, atkarībā no slāpekļa mēslošanas normas. Nemēslojamā variantā abas minerālā slāpekļa formas bija aptuveni līdzīgā daudzumā, bet mēslojamajos variantos augsnē dominēja nitrātu slāpekļi, kura krājumi abos gados palielinājās tieši proporcionāli iestrādātajai slāpekļa normai.
- Zemākais nitrātu slāpekļa īpatsvars augsnē bija periodos, kad augi intensīvi patērēja slāpekli, taču tā īpatsvars palielinājās veģetācijas perioda beigu daļā kā nemēslojamajā, tā arī mēslojamajā augsnē.
- Augsnes $N_{\min.}$ resursi, kādi tie bija pavasarī 0–30 cm un 0–60 cm slānī bez slāpekļa mēslojuma, ne vienā no pētījuma gadiem nenodrošināja slāpekļa izneses kompensāciju ar ražu un bilance bija

negatīva. Savukārt papildus augsnes nodrošinājumam lietojot mēslojumu (120 un $240 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$), veidojās pārpalikums, un slāpekļis netika pilnībā akumulēts ziemas un vasaras kviešu ražā.

Pateicība. Publikācija sagatavota Valsts pētījumu programmas Nr. 2014.10–4/VPP–7/5 projekta „Augsnes ilgtspējīga izmantošana un mēslošanas risku mazināšana (AUGSNE)” ietvaros.

Izmantotā literatūra

1. Cambouris A.N., Zabarth B.J., Nolin M.C., Laverdiere M.R. (2008). Apparent fertilizer nitrogen recovery and residual soil nitrate under continuous potato cropping: effect of N fertilization rate and timing. *Canadian Journal of Soil Science*, Vol. 88, p. 813 – 825.
2. D’Haene K, Salomez J., De Neve S., De Waele J., Hofman G. (2014). Residual soil mineral nitrogen in function of applied effective and crop available nitrogen. *In: The Nitrogen Challenge: Building a Blueprint for Nitrogen Use Efficiency and Food Security*. Proceedings of the 18th Nitrogen Workshop Lisboa, Portugal, 30th June – 3rd July, 2014. Ed. by: Cláudia S. C. Marques dos Santos Cordovil, p. 68 – 69.
3. Dresler S., Bednarek W., Tkaczyk P. (2011). Nitrate nitrogen in the soils of eastern Poland as influenced by type of crop, nitrogen fertilisation and various organic fertilisers. *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 12 (2), p. 367 – 379.
4. Hartl W., Erhart E. (2005). Crop nitrogen recovery and soil nitrogen dynamics in a 10-year field experiment with biowaste compost. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, Vol. 168, p. 781 – 788.
5. Hong N., Scharf P.C., Davis G., Kitchen N.R., Sudduth K.A. (2007). Economically optimal nitrogen rate reduces soil residual nitrate. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 36, p. 354 – 362.
6. IUSS Working Group WRB (2015). World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *In: World Soil Resources Reports*, No. 106, Rome: FAO, 2015. 192 p.
7. Jaynes D.B., Colvin T.S., Karlen D.L., Cambardella C.A., Meek D.W. (2001). Nitrate loss in subsurface drainage as affected by nitrogen fertilizer rate. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 30, p. 1305 – 1305.
8. Kolodziejczyk M. (2013). Effect of nitrogen fertilization and application of soil properties improving microbial preparations on the content of mineral nitrogen in soil after spring wheat harvesting. *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 14(1), p. 306 – 318.
9. Kutra G., Aksomaitiene (2003). Use of nutrient balances for environmental impact calculations on experimental field scale. *European Journal of Agronomy*, Vol. 20, Issues 1 – 2, p. 127 – 135.
10. *Latvijas augšņu noteicējs* (2009). A. Kārklīņš, I. Gemste, H. Mežals, O. Nikodemus, R. Skujāns. Jelgava: LLU. 240 lpp.
11. Rasmussen I.S., Dresboll D.B., Thotup-Kristensen K. (2015). Winter wheat cultivars and nitrogen (N) fertilization – Effects on root growth, N uptake efficiency and N use efficiency. *European Journal of Agronomy*, Vol. 68, p. 38 – 49.
12. Raun W.R., Johnson G.V. (1999). Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*, Vol. 91, p. 357 – 363.
13. Sogbedji J.M., van Es H.M., Yang C.L., Geohring L.D. Magdoff F.R. (2000). Nitrate leaching and nitrogen budget as affected by maize nitrogen rate and soil type. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 29, No. 6, p. 1813 – 1820.