



Latvijas
Biozinātņu un
tehnoloģiju
universitāte



Zemkopības ministrija

ATSKAITE

PAR ZINĀTNISKĀS IZPĒTES PROJEKTU

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Augsnes kaļķošanas un minerālā mēslojuma devu ietekme uz ūdeņu kvalitāti, augsnes agroķīmiskajiem rādītājiem un kultūraugu ražu

IZPILDĪTĀJI:
Agrita Švarta
Aivars Jermušs
Deniss Kaško
Artūrs Veinbergs

PROJEKTA VADĪTĀJS:

Ainis Lagzdiņš

Jelgava, 2023

Saturs

Saturs	2
Ievads.....	3
1. Metodika.....	4
1.1. Izmēģinājuma varianti	4
1.2. Izmēģinājumā pielietotā agrotehnika.....	5
1.3. Ūdens paraugu ievākšana un ķīmiskā sastāva noteikšana	6
1.4. Meteoroloģiskie apstākļi.....	7
2. Rezultāti.....	8
2.1. Augsnes agroķīmisko īpašību izmaiņas	8
2.2. Ziemas kviešu ražība un ražas kvalitāte.....	11
2.3. Ūdeņu kvalitātes raksturojums atkarībā no mēslošanas devām.....	14
Secinājumi	19
Izmantotā literatūra.....	20

Ievads

Lai samazinātu eitrofikācijas izpausmes Baltijas jūrā un sasniegtu izvirzītos ūdens kvalitātes mērķus, 2021. gadā atjaunotajā HELCOM Baltija jūras rīcības plānā kaļķošana un ģipša izkliede ir minēta kā viens no pasākumiem, kas uzlabo augsnes struktūru un stabilitāti mālainās augsnēs, samazina fosfora savienojumu zudumus no lauksaimniecības zemēm (<https://helcom.fi/media/publications/Baltic-Sea-Action-Plan-2021-update.pdf>). Izvēlētās pētījuma tēmas aktualitāti pastiprina 2020. gadā prezentētās Eiropas Savienības stratēģijas “No lauka līdz galdam” (Farm to Fork) saturs, kas ir Eiropas zaļā kursa (European Green Deal) reformu sastāvdaļa. Viens no nozīmīgākajiem stratēģijā izvirzītajiem mērķiem ir samazināt augu barības vielu zudumus par 50%, turklāt nodrošinot, ka netiek pazemināta augsnes auglība, kā arī samazināt mēslošanas līdzekļu lietošanu līdz 2030. gadam vismaz par 20%. Latvijas Lauksaimniecības universitātes speciālistu sagatavotajā bukletā apkopota informācija par augsnes kaļķošana agronomiskajiem, ietekmes uz vidi un saimniecības ekonomikas aspektiem (<https://www.llu.lv/sites/default/files/files/lapas/Skabu-augsnu-kalkosana.pdf>).

Lai novērtētu dažādu augsnes kaļķošanas un minerālā mēslojuma devu izmantošanas ietekmi uz ūdens kvalitāti (slāpekļa un fosfora savienojumi), augsnes agroķīmisko sastāvu un kultūraugu ražu raksturojošiem parametriem, Zemkopības institūta apsaimniekotajās lauksaimniecības zemēs izveidotajā un ilggadīgi uzturētajā pētījumu stacionārā “Sidrabiņi” 2022. gadā tika uzsākts šis pētījums.

1. Metodika

1.1. Izmēģinājuma varianti

Izmēģinājums iekārtots Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes Zemkopības institūta daudzgadīgajā stacionārā “Sidrabiņi”. Izmēģinājumu lauka atrašanās vieta: 56° 63.497` N un 25° 14.897` E.

Stacionārs “Sidrabiņi” iekārtots 1981. gadā pēc divfaktoru shēmas (1. attēls), kas nodrošina iespējas pētīt četru (0; 2.85; 5.7 un 11.4 t ha⁻¹CaCO₃) kaļķošanas devu un četru minerālmēsļu normu (N0P0K0, N45P30K45, N90P60K90, N135P90K135) ietekmi uz kultūraugu ražu un kvalitāti, kā arī ūdeņu kvalitāti.

N0P0K0	F ₀ L ₀ 0 t ha ⁻¹ CaCO ₃	O	N90P60K90	F ₂ L ₀ 0 t ha ⁻¹ CaCO ₃
N0P0K0	F ₀ L ₃ 11.4 t ha ⁻¹ CaCO ₃	O	N90P60K90	F ₂ L ₁ 2.85 ha ⁻¹ CaCO ₃
N0P0K0	F ₀ L ₂ 5.7 t ha ⁻¹ CaCO ₃	O	N90P60K90	F ₂ L ₂ 5.7 t ha ⁻¹ CaCO ₃
N0P0K0	F ₀ L ₁ 2.85 ha ⁻¹ CaCO ₃	O	N90P60K90	F ₂ L ₃ 11.4 t ha ⁻¹ CaCO ₃
N45P30K45	F ₁ L ₀ 0 t ha ⁻¹ CaCO ₃	O	N135P90K135	F ₃ L ₀ 0 t ha ⁻¹ CaCO ₃
N45P30K45	F ₁ L ₃ 11.4 t ha ⁻¹ CaCO ₃	O	N135P90K135	F ₃ L ₁ 2.85 ha ⁻¹ CaCO ₃
N45P30K45	F ₁ L ₂ 5.7 t ha ⁻¹ CaCO ₃	O	N135P90K135	F ₃ L ₂ 5.7 t ha ⁻¹ CaCO ₃
N45P30K45	F ₁ L ₁ 2.85 ha ⁻¹ CaCO ₃	O	N135P90K135	F ₃ L ₃ 11.4 t ha ⁻¹ CaCO ₃

1. attēls. Daudzgadīgā stacionāra “Sidrabiņi” shēma.

Stacionārā izveidoti sešpadsmit izmēģinājumu lauciņi ar savstarpēji nodalītām drenu sistēmām. Katram lauciņam (platums 15 m, garums 50 m) pa vidu 0.9 - 1.0 m dziļumā izvietotas māla cauruļu susinātājdrenas ar diametru 75 mm.

1.2. Izmēģinājumā pielietotā agrotehnika

Augu seka. Izmēģinājumā paredzēta sekojoša augu seka:

2021./2022. – ziemas rapsis,

2022./2023. – ziemas kvieši,

2023. – starpkultūra,

2024. – lopbarības pupas,

2025. – vasaras mieži,

2026. – daudzgadīgo zālaugu mistrs 1. izmēģinājuma gads, ietverot 50% tauriņziežus,

2027. – daudzgadīgo zālaugu mistrs 2. izmēģinājuma gads, ietverot 50% tauriņziežus

Ziemas kvieši

Augsnes apstrāde. Pēc ziemas rapša nokulšanas veikta augsnes irdināšana ar vertikālo frēzi 12-15 cm dziļumā.

Mēslojums. Pamatmēslojumā pirms ziemas rapša sējas izklidēti (12.09.2022.) kompleksie minerālmēsli 4:10:22 atbilstoši izmēģinājuma variantiem: fonā N45P30K45 iestrādāti – 250 kg ha⁻¹, fonā N90P60K90 – 500 kg ha⁻¹ un fonā N135P90K135 – 750 kg ha⁻¹ mēslošanas līdzekļa.

Pavasārī, atjaunojoties veģetācijai, Katram izmēģinājuma variantam paredzētā slāpekļa norma sadalīta divās devās. Pēc veģetācijas atjaunošanās, 2023. gada pavasarī (13.04.) lietots amonija nitrāts (NH₄NO₃), kur fonā N45P30K45 izklidēti 100 kg ha⁻¹, fonā N90P60K90 – 200 kg ha⁻¹, bet fonā N135P90K135 – 300 kg ha⁻¹ mēslošanas līdzekļa. Otrajā papildmēslošanas reizē (09.05.2023.) lietots amonija sulfāts ((NH₄)₂SO₄), izklidējot fonā N45P30K45 – 100 kg ha⁻¹, fonā N90P60K90 – 150 kg ha⁻¹ un fonā N135P90K135 – 150 kg ha⁻¹ mēslošanas līdzekļa.

Pēc ziemas kviešu nokulšanas kaļķošanas variantā N135P90K135 visos mēslošanas fonos veikta uzturošā kaļķošana 5.70 t ha⁻¹ CaCO₃.

Sēja. Sēja veikta 20.09.2022. tūlīt pēc pamatmēslojuma izklidēšanas, lietojot sējmašīnu “Agr Masz” ar darba platumu 2.5 m. Iesēta ziemas kviešu šķirne ‘Fredis’ ar izsējas normu 500 dīgstošas sēklas uz m².

Augu aizsardzība. Nezāļu un dīgstoša ziemas rapša ierobežošanai (18.10.2022.) smidzināts herbicīds Accurate 200 WG (metil-metsulfurons, 200 g kg⁻¹) 10 g ha⁻¹. Pavasarī (20.04.2023.) nezāļu ierobežošanai lietots herbicīds Biathlon (florasulams, 54 g kg⁻¹; tritosulfurons 714.0 kg ha⁻¹) 55 g ha⁻¹ + virsmas aktīva viela Contact 100 ml/100 L.

Starpkultūra

Septembrī (08.09.2023.) iesēta starpkultūra – ziemas rudzi ar izsējas normu 250 kg ha⁻¹, ko paredzēts iearat augsnē pavasarī.

1.3. Ūdens paraugu ievākšana un ķīmiskā sastāva noteikšana

Katram izmēģinājuma lauciņam pa vidu 0.9 - 1.0 m dziļumā ir izveidotas māla cauruļu susinātājdrenas ar diametru 75 mm, kuras uztver un novada lieko ūdeni no izmēģinājuma lauciņiem uz kontrolakām. Uz katru no astoņām kontrolakām ietek novadīts ūdens no diviem izmēģinājuma lauciņiem. Kontrolakā ir ierīkoti svārstīgie kausiņi un datu logeri, kas nodrošina iespējas veikt hidroloģiskos mērījumus un proporcionāli caurplūdumam ievākt ūdeņu paraugus. Katrs ūdeņu paraugs tiek identificēts ņemšanas brīdī un tā identifikācijas numurs (kods) tiek saglabāts līdz analītiskā procesa beigām ķīmijas laboratorijā un rezultātu ievadīšanai datu bāzēs. Ūdens paraugus savāc 0.5 l polietilēna pudelēs. Paraugus pirms transportēšanas uz laboratoriju uzglabā ledusskapī 2° – 4° C temperatūrā. Par paraugu ievākšanu izdara atzīmes lauku novērojumu žurnālā. Ūdens paraugu ķīmiskā sastāva noteikšana tiek veikta akreditētā laboratorijā – Daugavpils Universitātes aģentūras Latvijas Hidroekoloģijas institūts Hidroķīmijas laboratorijā. Ievāktajos ūdeņu paraugos tiek sekojoši ūdeņu kvalitāti raksturojoši parametri - pH, kopējā slāpekļa (N_{kop}), amonija–slāpekļa (NH₄-N), nitrātu–slāpekļa (NO₃-N), kopējā fosfora (P_{kop}) un ortofosfātu–fosfora (PO₄-P) koncentrācijas (mg l⁻¹). Ūdens ķīmiskā sastāva analīzes izpildītas ievērojot nosakāmajam parametram atbilstošas testēšanas metodes (1. tabula).

1. tabula

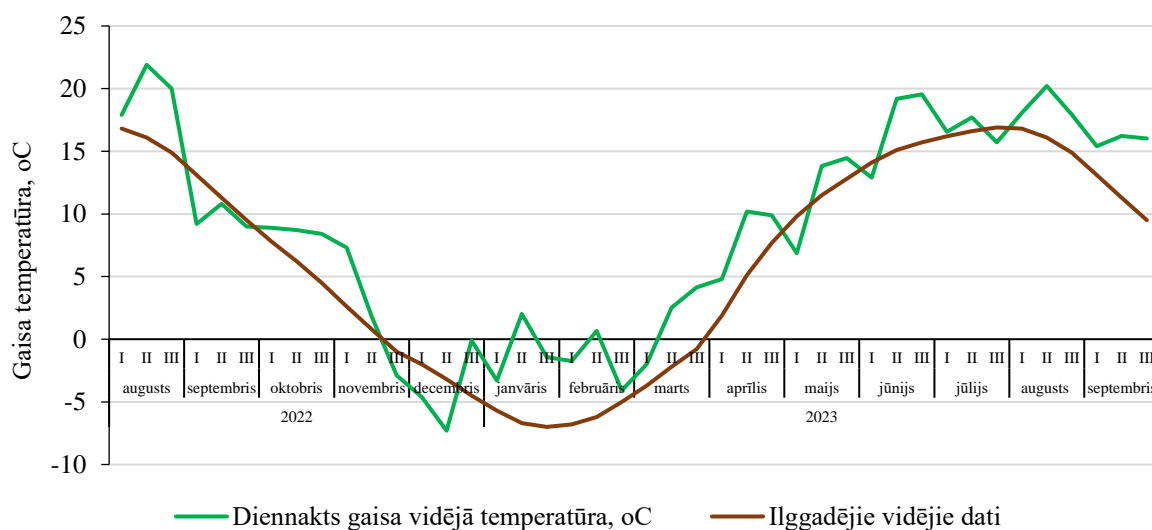
Ūdeņu ķīmiskā sastāva testēšanas metodes

Parametrs	Normatīvi tehniskās dokumentācijas Nr.	Analīzes metode
NO ₃ -N	LVS EN ISO 13395:1996	Spektrofotometrija, nitrītu slāpekļa, nitrātu slāpekļa un to summārā satura noteikšana ar plūsmas analīzes metodi
NH ₄ -N	LVS ISO 7150-1:1984 *	Spektrofotometrija, indofenola metode
N _{kop}	LVS EN ISO 11905-1:1998	Mineralizācijas metode, oksidējot ar peroksidisulfātu
PO ₄ -P	LVS EN ISO 6878:2005, 4. daļa	Spektrofotometrija, amonija molibdāta metode
P _{kop}	LVS EN ISO 6878:2005, 7. daļa	Spektrofotometrija, molibdāta metode pēc parauga oksidēšanas ar peroksidisulfātu

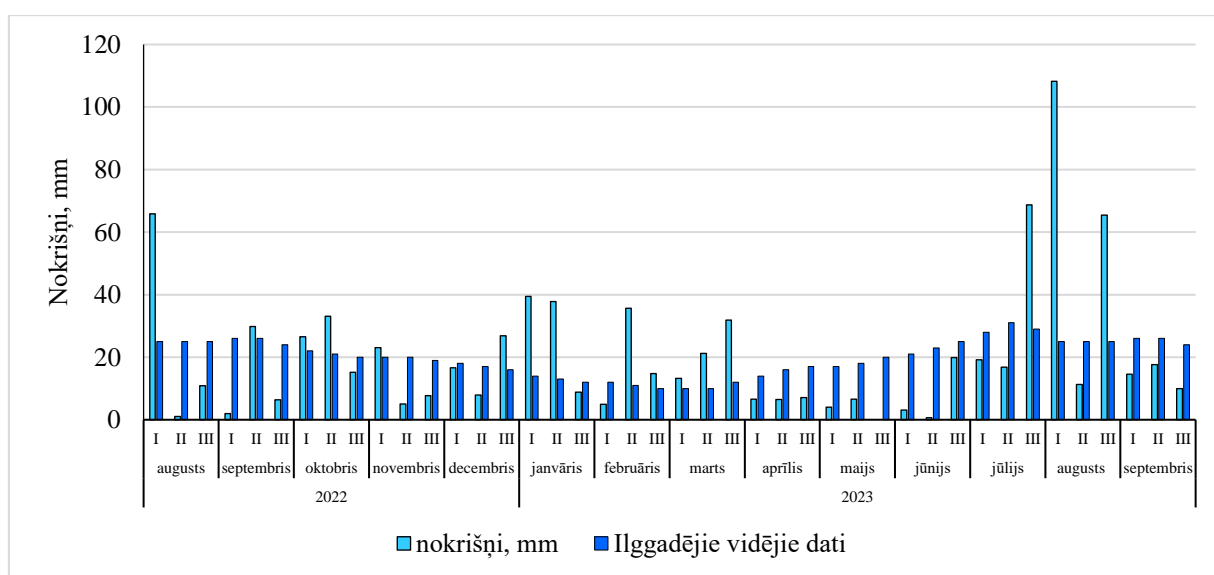
Atskaitē ietverti ūdens paraugu ķīmiskā sastāva analīžu rezultāti par laika posmā no 2023. gada 1. janvāra līdz 2023. gada 9. oktobrim ievāktajiem ūdeņu paraugiem. 2023. gadā iegūtie ūdens paraugu ķīmiskā sastāva analīžu rezultāti salīdzināti ar 2022. gadā iegūtajiem rezultātiem.

1.4. Meteoroloģiskie apstākļi

Meteoroloģisko apstākļu novērtēšanai izmantoti publiski pieejamie VSIA “Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs” (LVĢMC) Skrīveru meteoroloģisko novērojumu stacijā veikto mērījumu rezultāti (2. un 3. attēls).



2. attēls. Vidējā gaisa temperatūra no 01.08.2022.–30.09.2023., °C (LVĢMC Skrīveru novērojumu stacijas dati)



3.att. Nokrišņu daudzums Skrīveros no 01.08.2022.–30.09.2023., mm (LVĢMC Skrīveru novērojumu stacijas dati)

2. Rezultāti

2.1. Augšnes agroķīmisko īpašību izmaiņas

Stacionāra pastāvēšanas gados kopš 1981. gada ir izveidojušies 16 dažādi foni ar dažādiem augšnes agroķīmiskajiem rādītājiem (2a. un 2b. tabula).

2a. tabula

Augšnes agroķīmiskie rādītāji stacionārā "Sidrabīņi" pirms augšnes kaļķošanas (13.08.2021.) un pēc augšnes kaļķošanas (12.09.2022.;07.09.2023)

Mēsl. Foni*	CaCO ₃ , t ha ⁻¹	pH _{KCl}			Ca, mg kg ⁻¹			Mg, mg kg ⁻¹		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
F0	0	4.7	4.8	4.7	572	626	445	44	52	51
	2.58	5.5	6.0	6.2	998	692	708	45	88	137
	5.7	5.8	6.2	6.5	968	705	769	42	94	140
	11.4	6.1	6.5	6.5	988	725	751	38	92	113
F1	0	5.1	5.1	5.3	866	687	867	77	63	230
	2.58	6.1	6.4	6.6	1204	731	876	106	63	215
	5.7	6.6	6.5	6.7	1211	764	957	82	115	225
	11.4	6.4	6.5	6.5	1341	772	991	79	110	169
F2	0	4.3	4.2	4.1	430	610	400	<30	40	47
	2.58	4.8	5.5	5.7	720	684	648	<30	88	137
	5.7	5.4	6.1	6.3	1000	761	867	38	151	243
	11.4	5.6	5.9	6.0	1158	736	779	<30	81	111
F3	0	4.4	4.3	4.1	754	638	507	<30	48	59
	2.58	5.2	5.5	5.5	1138	712	771	46	85	135
	5.7	5.8	6.2	6.4	1245	779	1099	62	122	240
	11.4	6.0	6.3	6.4	1271	764	931	78	110	174

* mēslošanas foni: F0 – N0P0K0, F1 – N45P30K45, F2 – N90P60K90, F3 – N135P90K135

2021. gadā tika lietots ilgas un/vai lēnas iedarbības kaļķojamais materiāls – dolomīta milti un tā iedarbībai būtu jābūt tikai pēc dažiem gadiem, taču uzturošā augšnes kaļķošana jau 2022. gada laikā neitralizēja augšnes skābumu variantos bez minerālmēslojuma lietošanas par 0.4–0.5 vienībām, kas ir lielas izmaiņas, neatkarīgi no kaļķošanas normas lieluma, kurš savukārt, noteica augšnes skābuma līmeni un tā izmaiņas nākamajā- 2023. gadā. Variantā ar pusi no kaļķošanas normas augšnes skābums samazinājās no pH 5.5 uz pH 6.0, bet pie dubultās normas no pH 6.1 sasniedza pH 6.5, kas 2023. gadā nostabilizējās pH 6.5 līmenī gan pilnas gan dubultas devas lauciņos. Bez minerālmēslojuma un nekaļķojot, augšnes skābums pētīto triju gadu rudenī bija pH 4.7 un pH 4.8.

Lietojot mazo minerālmēslu daudzumu F1, nekaļķotajos lauciņos augsnes skābums bija pH 5.1- 5.3 robežās, bet, lietojot vidējo F2 un lielāko F3 minerālmēslu normu, augsne ik gadu kļuva skābāka par 0.1 vienību un no pH 4.3(4) 2021. gadā nokrita līdz pH 4.1 2023. gadā.

Nelielu minerālmēslu daudzuma variantos F1 puse no kaļķošanas normas jau nodrošināja stabilu un vāji skābu augsnes reakciju palielinot no pH 6.1 līdz pH 6.4-6.6. Pilnas un dubultas kaļķošanas normas variantos augsnes pH izmaiņas bija nelielas pētījumu perioda laikā pH 6.4 – 6.7 robežās, kas liecina par lielu kaļķa devu nelielo kaļķošanas efektu samazināta minerālmēslojuma gadījumos. Lielas kaļķošanas normas nozīme palielinājās līdz ar minerālmēslojuma lietošanas intensitātes pieaugumu, par ko liecina augsnes augsnes skābuma samazināšanās (vāji skāba reakcijas pH 6.4) vidēja F2 un augsta F3 mēslojuma fonā tikai lietojot pilnu 5.7 t ha⁻¹ un dubulto 11.4 t ha⁻¹ kaļķojamo materiālu (CaCO₃) devu, pie kam augsnes skābums divu gadu laikā neitralizējās par pH 0.4 vienībām – no attiecīgi pH 5.6 uz 6.0 un no pH 6.0 uz 6.4.

2b. tabula

Augsnes agroķīmiskie rādītāji stacionārā “Sidrabiņi” pirms augsnes kaļķošanas (13.08.2021.) un gadu pēc augsnes kaļķošanas (12.09.2022.;07.09.2023)

Mēsl. Foni*	CaCO ₃ , t ha ⁻¹	Org. vielas saturs, %			P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹			K ₂ O, mg kg ⁻¹		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
F0	0	2.8	2.3	2.6	<14	<20	20	39	39	29
	2.58	2.9	1.8	3.2	<14	<20	24	37	43	42
	5.7	2.5	2	2.6	<14	<20	22	41	41	41
	11.4	2.8	2.4	2.9	<14	<20	20	40	50	47
F1	0	2.5	3.2	3.2	<14	29	52	40	44	54
	2.58	2.5	2.3	2.5	<14	33	50	48	59	66
	5.7	2.5	2.6	2.4	17	39	54	43	57	60
	11.4	3	3.2	3.4	<14	43	57	44	54	61
F2	0	3.3	3.3	3.8	71	90	100	110	91	91
	2.58	3.2	3.2	3.1	60	85	97	82	96	117
	5.7	3.4	4.9	3.3	52	75	92	83	111	118
	11.4	3.2	3.5	3.5	64	90	96	86	109	113
F3	0	3	3.2	3.4	139	132	160	128	130	148
	2.58	3.1	3.5	3.7	124	125	163	116	133	167
	5.7	3.3	3.5	3.8	138	137	178	142	131	172
	11.4	3.1	2.7	3.3	164	127	157	173	176	183

* mēslošanas foni: F0 – N0P0K0, F1 – N45P30K45, F2 – N90P60K90, F3 – N135P90K135

Uzturošās kaļķošanas rezultātā augsnes analīžu rezultāti uzrādīja Ca satura samazinājumu ņemtajos augsnes paraugos praktiski visos variantos, kas nav loģiski

izskaidrojams. Var domāt, ka ir bijusi kāda kļūda augsnes analīžu procesā. Šādi rezultāti nav atrodamī arī citu zinātnieku pētījumos un eksperimentos. Magnija izmaiņas var novērot pakāpenisku tā satura palielinājumu visos kaļķošanas normas un mēslojuma fonu variantos, kas atbilst lēnas iedarbības kaļķošanas materiāla efektam.

Augsnes organiskās vielas uzkrāšanās process ir ilgstošs, ko apstiprina arī daudzgadīgā stacionāra augšņu analīze, kad palielināta minerālmēslojuma ilglaicīgās ietekmes rezultātā vērojama augsnes organiskās vielas (oglekļa) uzkrāšanās līdz 3.8 %. Variantos bez minerālmēsli lietošanas organiskās vielas saturs augsnē bija salīdzinoši augsts: no 1.8 % līdz 3.2 %, neskatoties uz organoleptiskās analīzes zemo vērtējumu.

Bez izmaiņām bija augiem pieejamais fosfors augsnē variantos bez minerālmēslojuma lietošanas. Gan pirms gan pēc kaļķošanas bija ļoti mazs vai pat nenosakāms, jeb mazāks attiecīgi par 14 un/vai par 20 mg kg⁻¹ augsnes, kas liecina, ka kaļķošana neietekmēja fosfora pieejamību augiem. Variantos ar mazāko mēslojuma iestrādi F2, kur kaļķošana augiem pieejamā fosfora saturs augsnē bija vairāk atkarīgs no gada klimatiskajiem apstākļiem, jo gan kaļķotajos, gan nekaļķotajos lauciņos fosfora saturs bija līdzīgi mazs – pirms kaļķošanas tas bija pat zem noteikšanas iespējām. Nekaļķotajā lauciņā 2022. gada rudenī kustīgā fosfora saturs bija 29 mg kg⁻¹ augsnes, 2023. gada rudenī jau 52 mg kg⁻¹, bet kaļķotajos attiecīgi 33-43 mg kg⁻¹ 50-57 mg kg⁻¹ augsnes.

Vidēja F2 un liela F3 mēslojuma lauciņos augiem pieejamais fosfors 2023. gadā bija ar vidēju un augstu nodrošinājumu – attiecīgi 92 – 100 mg kg⁻¹ un 157 – 178 mg kg⁻¹, taču arī kā variantos bez F0 vai ar nelielu mēslojuma devu F1, kaļķošanas rezultātā augiem pieejamā fosfora izmaiņas bija nelielas.

Augiem pieejamais kālijs augsnē kaļķošanas rezultātā mainījās maz vai ar nelielu tendenci kālija pieejamības uzlabošanā. Mazākais kālija saturs bija variantos bez kaļķošanas visos minerālmēslojuma iestrādes normu variantos un tas bija F0 = 29, F1 = 54, F2 = 91 līdz F3 = 148 mg kg⁻¹. Uzturošās kaļķošanas dažādu devu ietekmē mainījās robežas F0 = 41-48, F1 = 60-66, F2 = 113-118 līdz F3 = 167-183 mg kg⁻¹ augsnes. Augiem pieejamā kālija vidējs un augsts nodrošinājums bija F2 un F3 variantos.

Augsnes minerālā slāpekļa izmaiņas veģetācijas periodā sākumā un beigās, 2023.

Mēslošanas varianti	Kaļķošanas varianti	N-NH ₄ (mg kg ⁻¹)		N-NO ₃ (mg kg ⁻¹)	
		Veģetācijai sākumā, 15.05.2023.	Veģetācijas beigās,	Veģetācijai sākumā, 15.05.2023.	Veģetācijai beigās,
N0P0K0	L0	51.9		17.4	
	L1	14.3		5.1	
	L2	9.7		2.5	
	L3	13.6		6.5	
N45P30K45	L0	35.3		13.1	
	L1	15.1		6.3	
	L2	14.2		6.9	
	L3	17.1		5.7	
N90P60K90	L0	24.7		17.3	
	L1	16.5		7.8	
	L2	19.5		8.7	
	L3	15.8		12.1	
N135P90K135	L0	31.2		8.4	
	L1	49.5		9.5	
	L2	20.1		17.1	
	L3	25.6		13.1	

2.2. Ziemas kviešu ražība un ražas kvalitāte

Izmēģinājumā audzētā ziemas kviešu šķirne ‘Edvīns’ ir agrīna, vidēji intensīva, raksturojas ar labu ziemcietību. Ziemas kvieši sēti 2022. gada 20. septembrī. Ziemas kviešu sējas laikā meteoroloģiskie apstākļi labvēlīgi kviešu dīgšanai. Kvieši sadīga vienmērīgi visos izmēģinājuma variantos, taču variantos bez mēslojuma ievērojami atpalika attīstībā. Veģetācijas periods beidzās 17.11.2022. Ziemošanas periodā laika apstākļi mainīgi: atkušņi mijas ar sala periodiem. Veģetācija atjaunojas aprīļa sākumā (10.04.2023.). Pēc veģetācijas atjaunošanās redzams, ka kvieši variantos bez mēslojuma ir pārziemojuši, taču ir augumā mazāki un mazāk cerojuši.



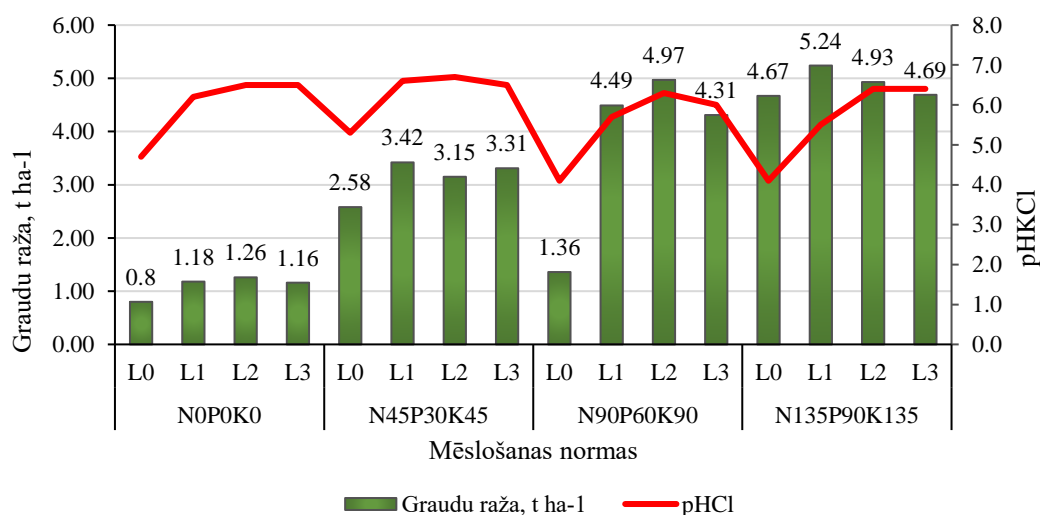
4. attēls. Ziemas kvieši stacionārā “Sidrabiņi”, 13.04.2023.



5. attēls. Stacionārs “Sidrabiņi” no drona, 20.06.2023.

Kviešu augšanu un attīstību būtiski ietekmēja sausais un karstais laiks pirmajā pusē (līdz jūlija vidum). Sākot ar aprīļa vidu, nokrišņu daudzums ir neliels un epizodisks, un dienās, kad nokrišņi ir, to daudzums nepārsniedz 2 mm diennaktī. Savukārt diennakts vidējā gaisa temperatūra būtiski augstāka nekā ilggadējā vidējā temperatūra. Situāciju uz lauka labi parāda 5. attēls. Savukārt, graudu nobriešanas laikā sākās ilgstoši nokrišņi, kas aizkavēja ražas novākšanu.

Izmēģinājumā iegūta 0.80–5.24 t ha⁻¹ graudu raža (6. att.). Iegūtie rezultāti liecina, ka ziemas kviešu graudu ražu būtiski ietekmēja gan mēslojuma norma ($p < 0.001$), gan kaļķošanas devas ($p < 0.001$), kā arī abu faktoru mijiedarbība ($p < 0.001$).



6. att. Ziemas kviešu graudu raža (t ha⁻¹) atkarībā no mēslojuma normas un kaļķošanas devas, kur: L0 – bez kaļķošanas, L1 – 2.58 t ha⁻¹ CaCO₃, L2 – 5.70 t ha⁻¹ CaCO₃, L3 – 11.40 t ha⁻¹ CaCO₃

Ziemas kvieši ir prasīgs kultūraugs, bez mēslojuma iegūstamā sēklu raža pat labi iekultivētā augsnē nepārsniedz 1.50 t ha⁻¹ (Lauku kultūraugu mēslošanas normatīvi, 2013). Stacionāra nemēslojuma variantos iegūta raža 0.80–1.26 t ha⁻¹.

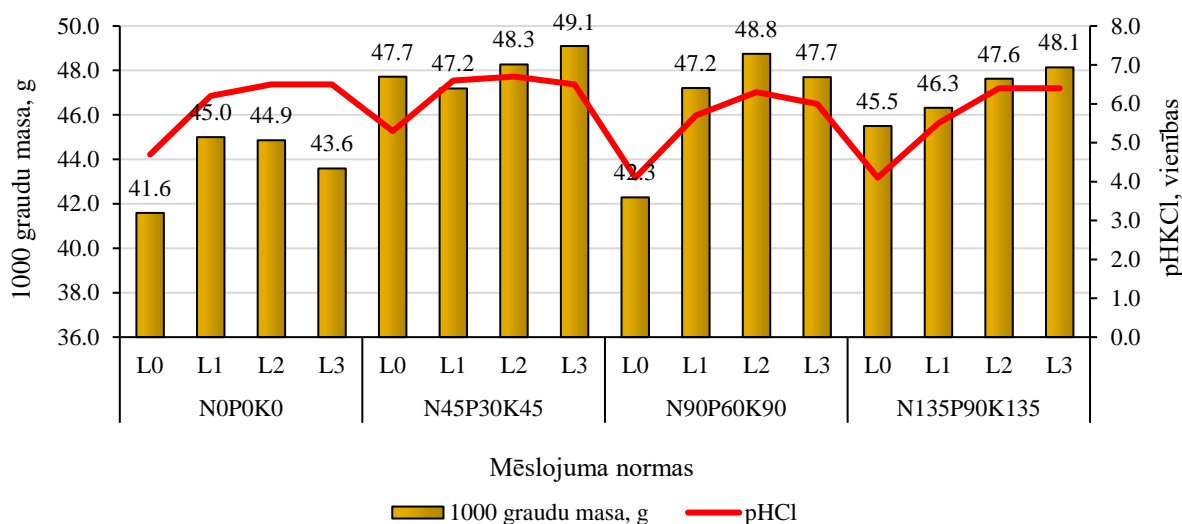
Vērtējot augšņu agroķīmiskos rādītājus stacionāra blokā ar zemāko mēslojuma normu (N45P30K45), lai iegūtu 3.00 t ha⁻¹ sēklu ražu, nepieciešams nodrošināt 80 kg slāpekļa, 40 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 50 kg ha⁻¹ K₂O. Šajā blokā lietotā mēslojuma norma nosedz pusi no augiem vajadzīgā N mēslojuma, bet nodrošina nepieciešamo P₂O₅ un K₂O mēslojumu, un iegūta 2.58–3.31 t ha⁻¹ sēklu raža.

Stacionāra blokā ar vidējo mēslojuma normu (N90P60K90), augsnes nodrošinājums ar P₂O₅ ir vidējs, ar K₂O – zems/vidējs, līdz ar to lietotā mēslojuma norma varētu nodrošināt 4.0 t ha⁻¹ sēklu ražu (Lauku kultūraugu mēslošanas normatīvi, 2013). Šajā mēslošanas blokā iegūtā sēklu raža atbilst plānotajam tikai variantos, kur augsnes pH_{KCl} ir tuvu vai pārsniedz 6.0.

Latvijā veikto pētījumu rezultāti liecina, ka ziemas kviešu raža pieaug līdz slāpekļa mēslojuma normai 150–180 N kg ha⁻¹ (Ruža, Maļeckā, Kreita, 2012; Litke, Gaile, Ruža, 2019). Stacionāra blokā ar lielāko mēslojuma normu (N135P90K135), augsnes nodrošinājums ar barības vielām ļauj plānot graudu ražu līdz 6.00 t ha⁻¹. Šī gada meteoroloģiskajos apstākļos iegūta 4.67–5.24 t ha⁻¹ graudu raža. Augsta raža iegūta arī nekaļķotajā fonā, kur augsnes reakcija ir 4.1.

Ziemas kviešu audzēšanai ir piemērotas augsnes ar pH_{KCl}>6.0. Iegūta vidēji cieša pozitīva sakarība starp augsnes pH_{KCl} un sēklu ražu ($r=0.56$).

Graudu rupjumu un tajās esošo barības vielu daudzumu raksturo 1000 graudu masa (7. attēls). Šī gada meteoroloģiskajos apstākļos 1000 graudu masa variēja no 43.8–48.1 g. Ziemas kviešu graudu ražu būtiski ietekmēja gan mēslojuma norma ($p<0.001$), gan kaļķošanas devas ($p<0.001$), kā arī novērota abu faktoru mijiedarbība ($p<0.001$).



7. attēls. Ziemas kviešu 1000 graudu masa (g) atkarībā no mēslojuma un kaļķošanas devas, kur: L0 – bez kaļķošanas, L1 – 2.58 t ha⁻¹ CaCO₃, L2 – 5.70 t ha⁻¹ CaCO₃, L3 – 11.40 t ha⁻¹ CaCO₃.

Ziemas kviešu graudu ķīmiskais sastāvs apkopots 4. tabulā. 2023. gada apstākļos iegūts ļoti zems proteīna saturs graudos. Vienīgi stacionāra blokā ar lielāko mēslojuma normu (N135P90K135) kopproteīna saturs pārsniedz Latvijas valsts noteiktās minimālās prasības proteīna saturam pārtikas kviešiem (12.5%) (MK noteikumi “Prasības pārtikas kvalitātes shēmām, to ieviešanas, darbības, uzraudzības un kontroles kārtība”). Šī gada meteoroloģiskajos apstākļos nav konstatēta būtiska mēslojuma normas un kaļķošanas ietekme uz fosfora, kālija, kalcija un magnija saturu graudos.

4. tabula

Ziemas kviešu graudu ķīmiskais sastāvs (%), 2023.

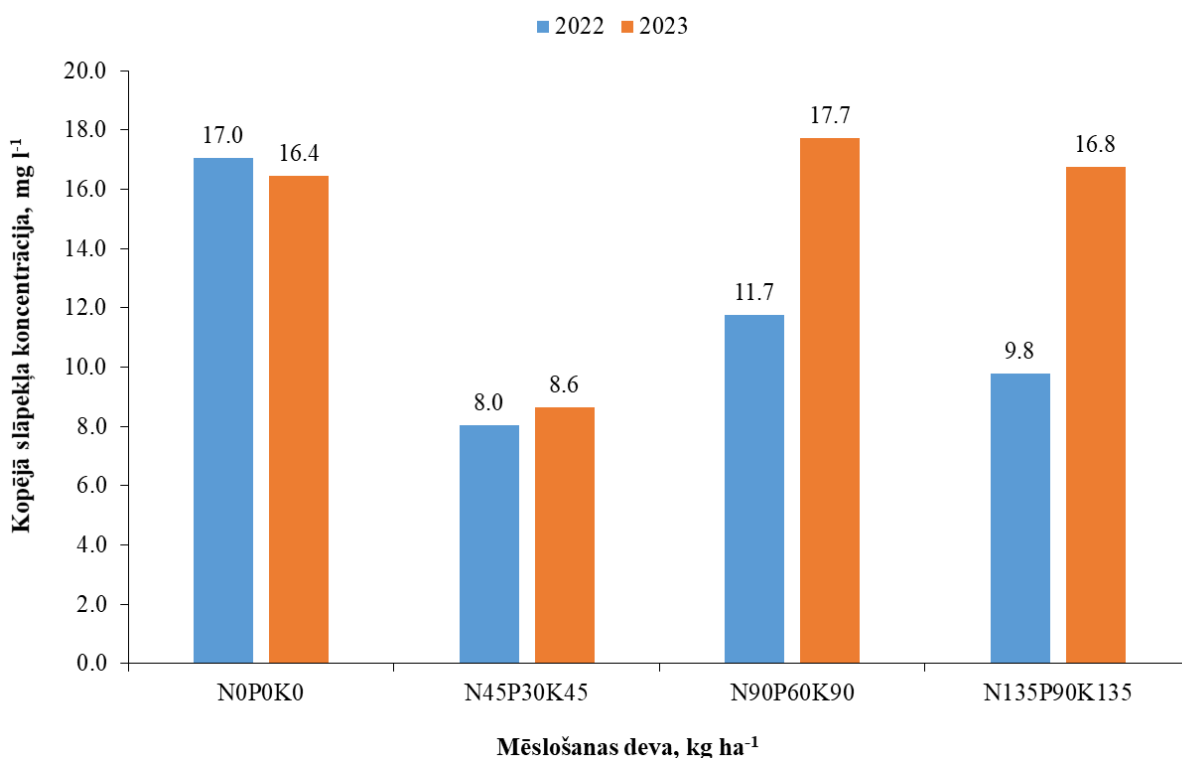
Mēslošanas varianti	CaCO ₃ , t ha ⁻¹	Kopproteīns, %	P, %	K, %	Ca, %	Mg, %
N0P0K0	0	10.02	0.24	0.31	0.05	0.11
	2.58	9.61	0.23	0.31	0.04	0.12
	5.70	9.33	0.25	0.31	0.05	0.12
	11.40	9.27	0.24	0.31	0.05	0.11
N45P30K45	0	9.37	0.23	0.32	0.05	0.12
	2.58	10.43	0.22	0.30	0.05	0.11
	5.70	10.19	0.23	0.30	0.04	0.11
	11.40	9.56	0.21	0.29	0.04	0.11
N90P60K90	0	11.85	0.20	0.30	0.04	0.09
	2.58	11.52	0.21	0.30	0.05	0.11
	5.70	12.03	0.23	0.30	0.05	0.11
	11.40	12.32	0.21	0.29	0.04	0.11
N135P90K135	0	12.79	0.21	0.29	0.05	0.10
	2.58	12.52	0.23	0.30	0.05	0.11
	5.70	12.41	0.26	0.31	0.05	0.12
	11.40	13.01	0.24	0.31	0.05	0.12

2.3. Ūdeņu kvalitātes raksturojums atkarībā no mēslošanas devām

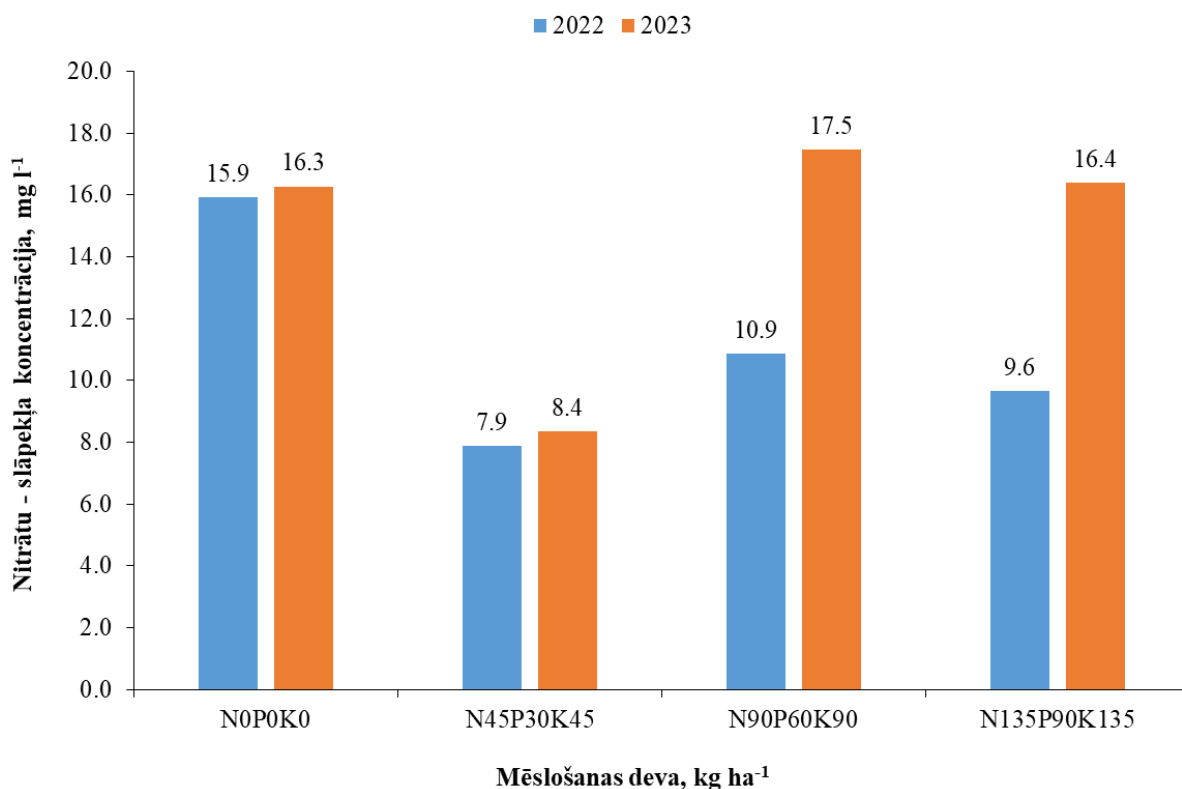
Ūdeņu paraugu ķīmiskā sastāva analīžu rezultāti tika apkopoti atkarībā no izmēģinājuma lauciņos izmantotajām mēslošanas devām, t.sk., N0P0K0, N45P30K45, N90P60K90, N135P90K135. 2022. un 2023. gadā iegūtie kopējā slāpekļa (N_{kop}), nitrātu–slāpekļa (NO_3-N), amonija–slāpekļa (NH_4-N), kopējā fosfora (P_{kop}) un ortofosfātu–fosfora (PO_4-P) koncentrāciju rezultāti apkopoti 8., 9., 10., 11. un 12. attēlā.

8. un 9. attēlā apkopotie rezultāti apstiprina ciešo kopējā slāpekļa un nitrātu–slāpekļa koncentrāciju savstarpējo saistību ūdens paraugos, kas ievākti drenu sistēmās. Drenu sistēmas novada no laukiem lieko mitrumu un vienlaicīgi ūdenī viegli šķīstošās slāpekļa savienojumu formas, t.sk., nitrātu–slāpekli. 2022. un 2023. gadā ievāktajos ūdens paraugos nitrātu–slāpekļa proporcija pret kopējo slāpekli ir robežās no 92% līdz 99%. 8. un 9. attēlā novērojams, ka gada

vidējām N_{kop} un NO_3-N koncentrācijām ir raksturīga mainība gadu ietvaros, uzskatāmi tas konstatējams lauciņos, kuros izkliedētas salīdzinoši lielākas minerālā mēslojuma devas (N90P60K90 un N135P90K135).



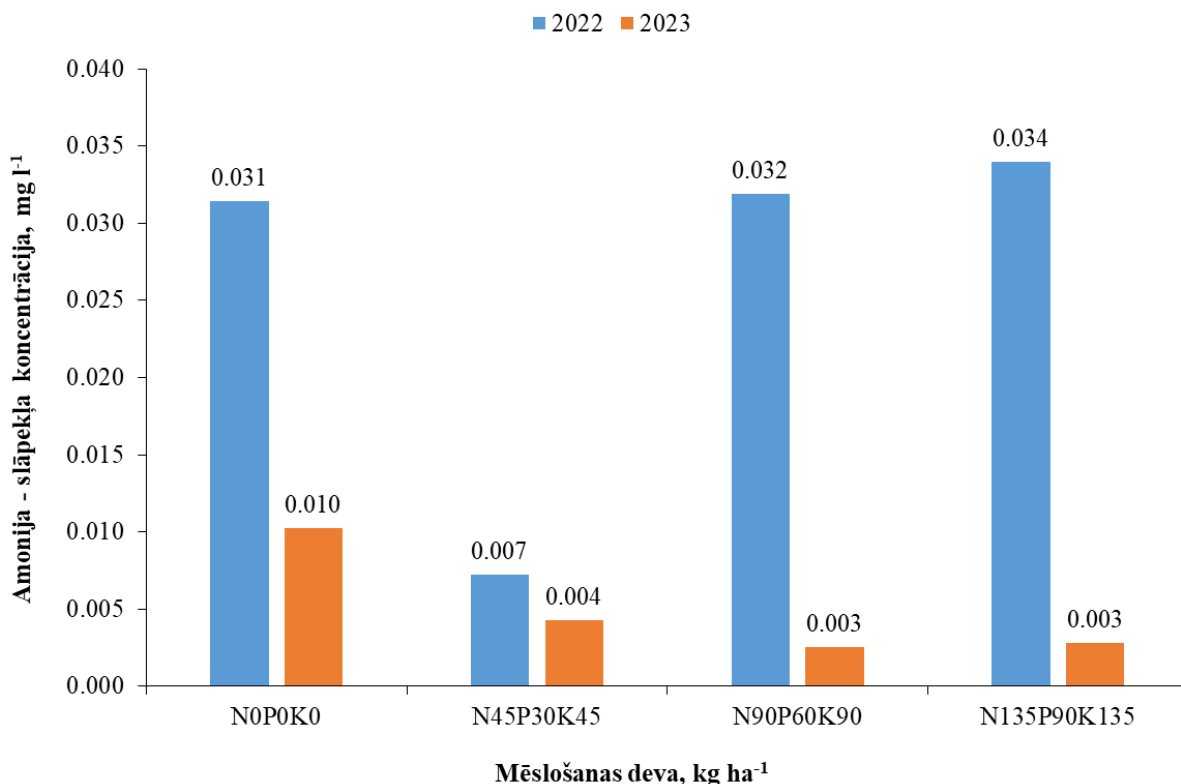
8. attēls. Gada vidējās kopējā slāpekļa koncentrācijas atkarībā no mēslošanas devām.



9. attēls. Gada vidējās nitrātu-slāpekļa koncentrācijas atkarībā no mēslošanas devām.

Paaugstinātas N_{kop} un NO_3-N vidējās koncentrācijas konstatētas nemēslotajos izmēģinājuma laucīņos ievāktajos ūdeņu paraugos, kas skaidrojams ar kultūraugu attīstības traucējumiem vai neesamību un augsnē esošo slāpekļa savienojumu pakāpenisku transformāciju no organiskajām formām uz neorganiskajām formām un sekojošo izskalošanos ūdenim pārvietojoties gravitācijas spēku ietekmē no augsnes virskārtas līdz drenu izbūves dziļumam. Zemākās slāpekļa savienojumu koncentrācijas novērotas N45P30K45 devas izmēģinājumu laucīņos.

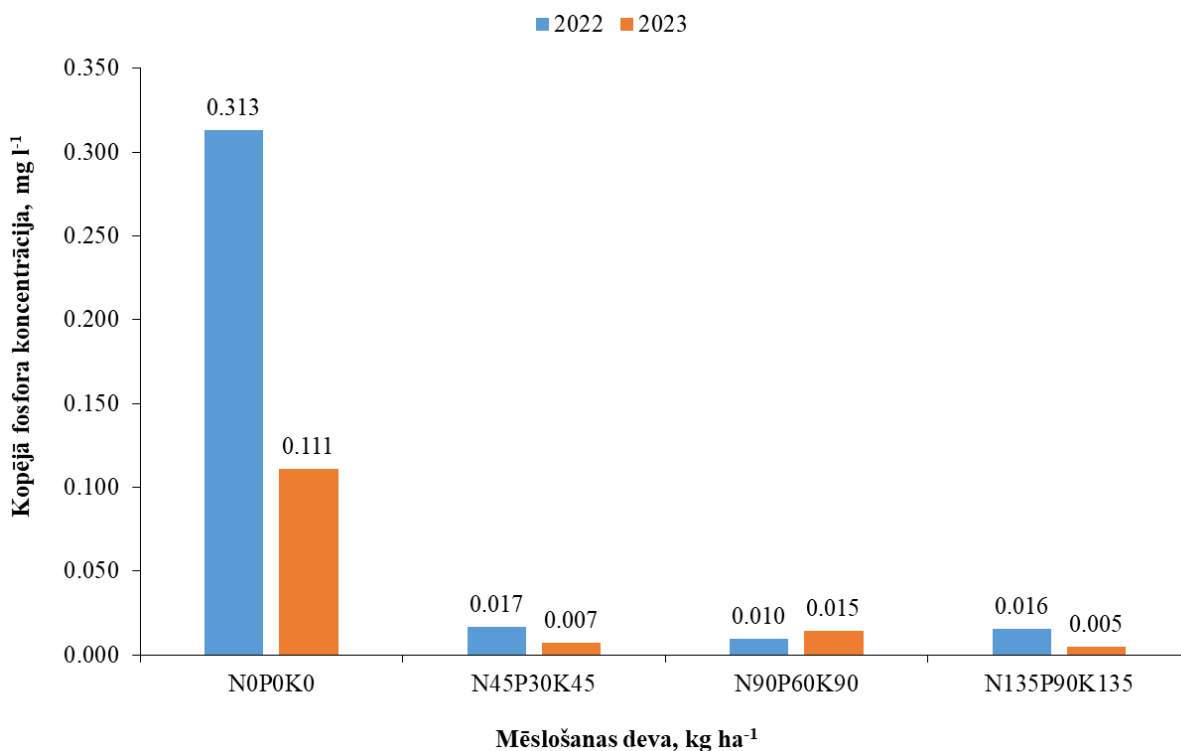
10. attēlā apkopotas 2022. un 2023. gadā novērotās gada vidējās amonija–slāpekļa koncentrācijas, kuru vērtībām ir vēl izteiktākas mainības tendences gadu ietvaros nekā N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju gadījumā. 2022. gadā konstatētās vērtības ir no 3 līdz 11 reizēm augstākas nekā 2023. gadā, kas ir pretēja tendence, ja salīdzina ar attiecīgajos gados novērotajām N_{kop} un NO_3-N koncentrāciju vērtībām, kuras 2023. gadā bija augstākas nekā 2022. gadā.



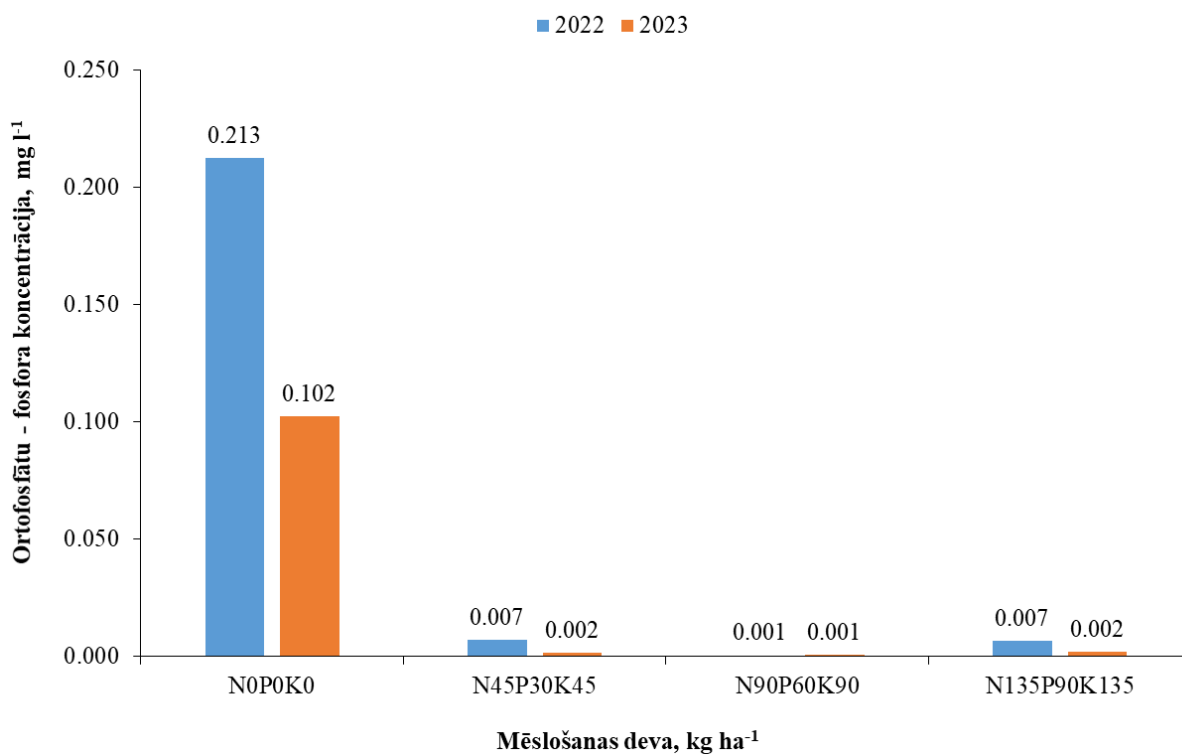
10. attēls. Gada vidējās amonija–slāpekļa koncentrācijas atkarībā no mēslošanas devām.

11. un 12. attēlā vizualizēti novērotie fosfora savienojumu koncentrāciju rezultāti. Atšķirībā no slāpekļa savienojumu piemēra, kur tika savstarpēji salīdzinātas ūdens paraugos konstatētās nitrātu-slāpekļa un kopējā slāpekļa koncentrāciju proporcijas, PO_4-P kā ūdenī šķīstoša fosfora savienojumu forma var tikt uzskatīta par noteicošu kopējā fosfora vērtību veidošanā vien atsevišķos gadījumos. 2023. gadā atkarībā no izkliedētās minerālā mēslojuma

devas $\text{PO}_4\text{-P}$ un P_{kop} vidējo koncentrāciju proporcijas ir robežās no 5% līdz 68%, attiecīgi, N90P60K90 un N0P0K0 mēslošanas devu laucīnos ievāktajos ūdeņu paraugos.



11. attēls. Gada vidējās kopējā fosfora koncentrācijas atkarībā no mēslošanas devām.



12. attēls. Gada vidējās ortofosfātu–fosfora koncentrācijas atkarībā no mēslošanas devām.

Paaugstinātas P_{kop} un $PO_4\text{-P}$ vidējās koncentrācijas gan 2022. gadā, gan 2023. gadā konstatētas no nemēslojamiem lauciņiem novadītajā drenu notecē. Drenu notece veidojās, kad augsne ir piesātināta ar ūdeni un gruntsūdens līmenis ir tuvu vai virs drenu izbūves dziļuma. Kopumā izmēģinājuma lauciņos notece intensīvi veidojās novembra, decembra un janvāra un februāra mēnešos, marta mēnesī notece pamazām izsīkst, vasaras mēnešos novērotas vien atsevišķas īslaicīgas noteces epizodes.

Secinājumi

1. Ziemas kviešu ražu būtiski ietekmēja gan augsnes reakcija, gan lietotās mēslojuma normas. Augstākā sēklu raža un 1000 graudu masa iegūta variantos, kur gan mēslojuma norma (N135P90K135), gan augsnes reakcija ($\text{pH}_{\text{KCl}} > 6.0$) atbilst ziemas kviešu prasībām.
2. 2023. gada apstākļos iegūts ļoti zems proteīna saturs graudos. Vienīgi stacionāra blokā ar lielāko mēslojuma normu (N135P90K135) kopproteīna saturs pārsniedz Latvijas valsts noteiktās minimālās prasības proteīna saturam pārtikas kviešiem (12.5%). Nav konstatēta būtiska mēslojuma normas un kaļķošanas ietekme uz fosfora, kālija, kalcija un magnija saturu graudos.
3. Vērtējot 2022. un 2023. gadam raksturīgos ūdeņu kvalitātes monitoringa rezultātus, viennozīmīga izmēģinājuma lauciņos izmantoto mēslošanas devu ietekme uz ūdeņu kvalitāti nav konstatēta. Kopumā augstākās slāpekļa un fosfora savienojumu koncentrācijas ūdeņos novērotas nemēslotajos izmēģinājuma lauciņos, kuros 2021. gada augustā iesētais ziemas rapsis nepārziemoja un 2022. gadā tika uzturēta papuve, līdz 2022. gada 20. septembrī tika iesēti ziemas kvieši. Jāņem vērā, ka pētījums tiek īstenots divus gadus un izdarīt viennozīmīgus secinājumus par augu barības vielu izskalošanos atkarībā no mēslojuma devām, balstoties uz divu gadu rezultātiem, nav iespējams.

Izmantotā literatūra

1. *Lauku kultūraugu mēslošanas normatīvi* (2013). Sast. A. Kārklīšs un A. Ruža. Jelgava: LLU, 55 lpp.
2. Ruža A., Maļeckā S., Kreita Dz. (2012) Slāpekļa mēslojuma normu ietekme uz barības vielu izmantošanās rādītājiem ziemas kviešiem. *No: Zinātne Latvijas Lauksaimniecības nākotnei: pārtika, lopbarība, šķiedra un enerģija. Raksti*. Jelgava: LLU. 82.–86. lpp.
3. Litke L., Gaile Z., Ruža A. (2019). Effect of nitrogen rate and forecrop on nitrogen use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Agronomy Research*, Vol. 17 (2), p. 582–592.