

## 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, 2025

---

## Saturs

---

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 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 .....                      | 5  |
| 1.4. Meteoroloģiskie apstākļi.....                                                    | 6  |
| 2. Rezultāti.....                                                                     | 8  |
| 2.1. Augsnes agroķīmisko īpašību izmaiņas .....                                       | 8  |
| 2.2. Vasaras miežu ražība un ražas kvalitāte .....                                    | 15 |
| 2.3. Ūdeņu kvalitātes raksturojums atkarībā no mēslošanas normām .....                | 18 |
| 2.4. Ūdeņu kvalitātes raksturojums atkarībā no kaļķošanas devām .....                 | 22 |
| 2.5. Ūdeņu kvalitātes raksturojums atkarībā no kultūraugiem un mēslošanas normām..... | 25 |
| 2.6. Ūdeņu kvalitātes raksturojums atkarībā no kultūraugiem un kaļķošanas devām ..... | 27 |
| Secinājumi .....                                                                      | 29 |
| Izmantotā literatūra.....                                                             | 30 |

---

## 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 Lauksaimniecības un pārtikas tehnoloģiju fakultātes 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<sup>-1</sup>CaCO<sub>3</sub>) kaļķošanas devu un četru minerālmēsļu normu (N0P0K0, N45P30K45, N90P60K90, N135P90K135) ietekmi uz kultūraugu ražu un kvalitāti, kā arī ūdeņu kvalitāti.

|           |                                                                            |   |             |                                                                            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------|---|-------------|----------------------------------------------------------------------------|
| N0P0K0    | F <sub>0</sub> L <sub>0</sub><br>0 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>    | O | N90P60K90   | F <sub>2</sub> L <sub>0</sub><br>0 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>    |
| N0P0K0    | F <sub>0</sub> L <sub>3</sub><br>11.4 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> | O | N90P60K90   | F <sub>2</sub> L <sub>1</sub><br>2.85 ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>   |
| N0P0K0    | F <sub>0</sub> L <sub>2</sub><br>5.7 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>  | O | N90P60K90   | F <sub>2</sub> L <sub>2</sub><br>5.7 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>  |
| N0P0K0    | F <sub>0</sub> L <sub>1</sub><br>2.85 ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>   | O | N90P60K90   | F <sub>2</sub> L <sub>3</sub><br>11.4 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> |
| N45P30K45 | F <sub>1</sub> L <sub>0</sub><br>0 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>    | O | N135P90K135 | F <sub>3</sub> L <sub>0</sub><br>0 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>    |
| N45P30K45 | F <sub>1</sub> L <sub>3</sub><br>11.4 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> | O | N135P90K135 | F <sub>3</sub> L <sub>1</sub><br>2.85 ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>   |
| N45P30K45 | F <sub>1</sub> L <sub>2</sub><br>5.7 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>  | O | N135P90K135 | F <sub>3</sub> L <sub>2</sub><br>5.7 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>  |
| N45P30K45 | F <sub>1</sub> L <sub>1</sub><br>2.85 ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>   | O | N135P90K135 | F <sub>3</sub> L <sub>3</sub><br>11.4 t ha <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> |

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 (z. rudzi),

2024. – lopbarības pupas,

2025. – *vasaras mieži ar daudzgadīgo zālaugu pasēju*,

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

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

### Vasaras mieži ar daudzgadīgo zālaugu pasēju

**Augsnes apstrāde.** Aršana 2024. gada oktobris

**Mēslojums.** Pamatmēslojumā pirms miežu sējas izklidēti (09.04.2025.) kompleksie minerālmēsli 6:20:30 atbilstoši izmēģinājuma variantiem: fonā N45P30K45 iestrādāti – 150 kg ha<sup>-1</sup>, fonā N90P60K90 – 300 kg ha<sup>-1</sup> un fonā N135P90K135 – 450 kg ha<sup>-1</sup> mēslošanas līdzekļa.

**Sēja.** Sēja veikta (17.04.2025.) tūlīt pēc pamatmēslojuma izklidēšanas, lietojot sējmašīnu “Agr Masz” ar darba platumu 2.5 m. Iesēta Vasaras miežu šķirne ‘Annika’ ar izsējas normu 220 kg ha<sup>-1</sup>.

Daudzgadīgo zālaugu pasēja veikta 21. maijā. Iesēts daudzgadīgo zālaugu maisījums: sarkanais āboliņš (5.0 kg ha<sup>-1</sup>), pļavas timotiņš (7.5 kg ha<sup>-1</sup>) un pļavas auzene (7.5 kg ha<sup>-1</sup>).

**Slāpekļa papildmēslojumā** lietots amonija nitrāts (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), kur fonā N45P30K45 izklidēti 100 kg ha<sup>-1</sup>, fonā N90P60K90 – 200 kg ha<sup>-1</sup>, bet fonā N135P90K135 – 300 kg ha<sup>-1</sup> mēslošanas līdzekļa.

**Ražas novākšana** veikta 19.08.2025.

## 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 ( $NH_4-N$ ), nitrātu–slāpekļa ( $NO_3-N$ ), kopējā fosfora ( $P_{kop}$ ) un ortofosfātu–fosfora ( $PO_4-P$ ) koncentrācijas ( $mg\ l^{-1}$ ). Ūdens ķīmiskā sastāva analīzes izpildītas ievērojot nosakāmajam parametram atbilstošas testēšanas metodes (1. tabula).

1. tabula

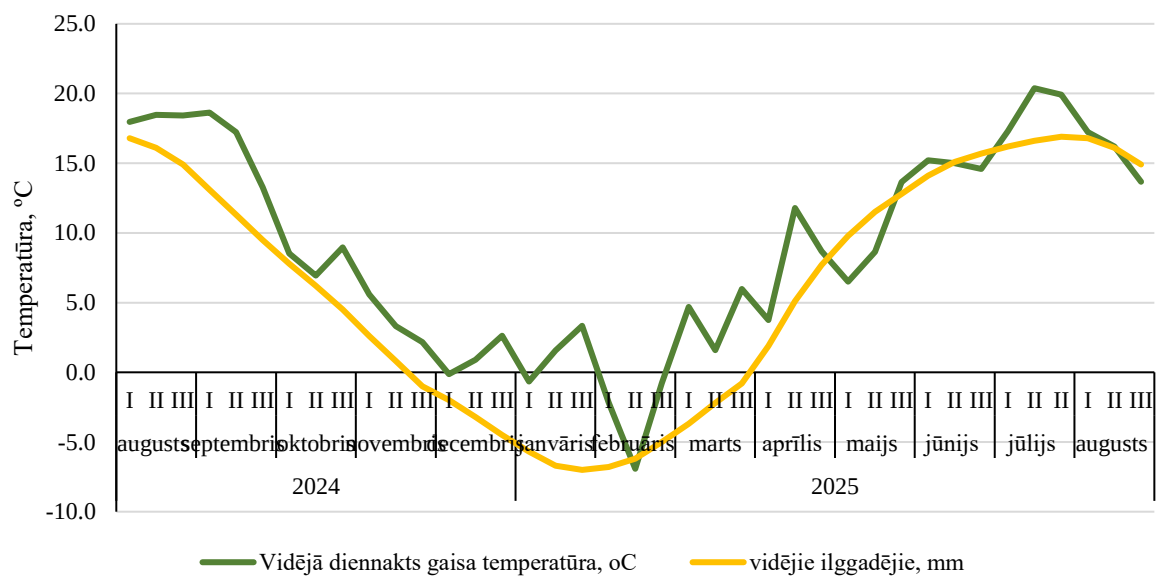
**Ūdeņu ķīmiskā sastāva testēšanas metodes**

| Parametrs | Normatīvi tehniskās dokumentācijas Nr. | Analīzes metode                                                                                                   |
|-----------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $NO_3-N$  | LVS EN ISO 13395:1996                  | Spektrofotometrija, nitrātu 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                | Mīneralizācijas 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                                  |

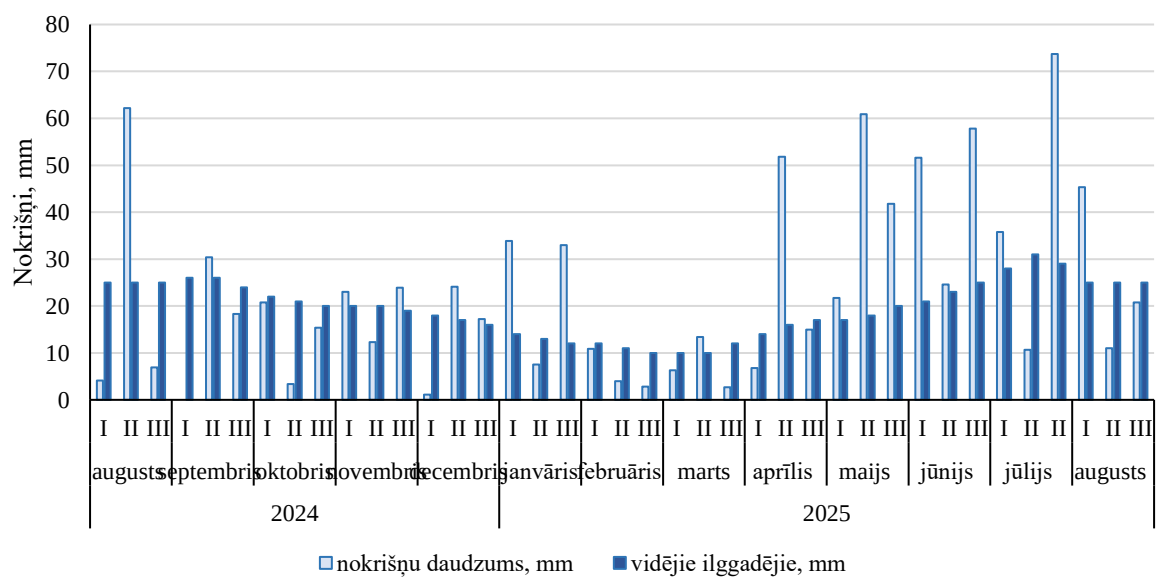
Atskaitē ietverti ūdens paraugu ķīmiskā sastāva analīžu rezultāti, kas raksturo laika posmu no 2022. gada 1. janvāra līdz 2025. gada 26. septembrim.

#### 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 01.01.2025. līdz 30.08.2025., °C (LVĢMC Skrīveru novērojumu stacijas dati).**



**3.attēls. Nokrišņu daudzums Skrīveros no 01.01.2025. līdz 30.08.2025., mm (LVĢMC Skrīveru novērojumu stacijas dati).**

## 2. Rezultāti

### 2.1. Augsnes agroķīmisko īpašību izmaiņas

Stacionāra pastāvēšanas 44 gadus kopš 1981. gada ir izveidojušies 16 dažādi foni ar dažādiem augsnes agroķīmiskajiem rādītājiem (2., 3., 4 un 5. tabula).

2. tabula

**Augsnes reakcijas izmaiņas augsnē stacionārā “Sidrabiņi” pirms augsnes kaļķošanas (13.08.2021.) un pēc augsnes kaļķošanas (12.09.2022.; 07.09.2023.; 21.10.2024.; 27.10.2025.)**

| Mēslošanas foni | CaCO <sub>3</sub> , t ha <sup>-1</sup> | Augsnes reakcija, pH <sub>KCl</sub> |      |      |      |      |
|-----------------|----------------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|
|                 |                                        | 2021                                | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| F0              | 0                                      | 4.7                                 | 4.8  | 4.7  | 5.0  | 4.8  |
|                 | 2.58                                   | 5.5                                 | 6.0  | 6.2  | 6.0  | 6.0  |
|                 | 5.7                                    | 5.8                                 | 6.2  | 6.5  | 6.4  | 6.4  |
|                 | 11.4                                   | 6.1                                 | 6.5  | 6.5  | 6.5  | 6.9  |
| F1              | 0                                      | 5.1                                 | 5.1  | 5.3  | 5.3  | 5.3  |
|                 | 2.58                                   | 6.1                                 | 6.4  | 6.6  | 6.5  | 6.5  |
|                 | 5.7                                    | 6.6                                 | 6.5  | 6.7  | 6.5  | 6.5  |
|                 | 11.4                                   | 6.4                                 | 6.5  | 6.5  | 6.5  | 6.7  |
| F2              | 0                                      | 4.3                                 | 4.2  | 4.1  | 4.2  | 4.3  |
|                 | 2.58                                   | 4.8                                 | 5.5  | 5.7  | 5.4  | 5.5  |
|                 | 5.7                                    | 5.4                                 | 6.1  | 6.3  | 6.0  | 6.2  |
|                 | 11.4                                   | 5.6                                 | 5.9  | 6.0  | 6.0  | 6.8  |
| F3              | 0                                      | 4.4                                 | 4.3  | 4.1  | 4.3  | 4.4  |
|                 | 2.58                                   | 5.2                                 | 5.5  | 5.5  | 5.5  | 5.5  |
|                 | 5.7                                    | 5.8                                 | 6.2  | 6.4  | 6.2  | 6.2  |
|                 | 11.4                                   | 6.0                                 | 6.3  | 6.4  | 6.4  | 6.8  |

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

Augsnes skābums jeb augsnes pH līmenis bija atkarīgs no kaļķošanas variantā. Skābākā augsne bija nekaļķotajos variantos, kuros optimāla (F2) un paaugstināta (F3) mēslojuma lietošana paskābināja augsni līdz pH 4.3 un 4.4 vienībām, bet neliela minerālmēslu lietošanas apjoma lauciņos vai bez mēslojuma augsnes bija nedaudz augstāks, attiecīgi pH 5.3 un 4.8. Pēdējo piecu gadu laikā visos variantos augsnes skābums saglabājās salīdzinoši vienādā līmenī, ko var izskaidrot ar 2021. gadā lietoto ilgas un lēnas iedarbības kaļķojamo materiālu – dolomīta miltiem. 2024. gada rudenī veikta uzturošā kaļķošana. Tās efekts redzams variantos ar lielāko kaļķošanas devu 11.4 CaCO<sub>3</sub>, t ha<sup>-1</sup>, kur novērots augsnes pH palielinājums par 0.4 – 0.8 vienībām, salīdzinot ar 2024. gada augsnes analīžu rezultātiem. (2. tabula).



Augsnes reakcija ir rezultāts kompleksai kaļķošanas materiāla un augsnes organiskās vielas mijiedarbībai, kad par kaļķošanas efektivitāti var spriest analizējot Ca un Mg satura izmaiņas (3. tabula, 4. tabula). Pēc uzturošās kaļķošanas 2021. un 2024. gadā augsnes analīžu rezultāti uzrādīja Ca satura samazinājumu 2022. gadā ievāktajos augsnes paraugos, kas izskaidrojams ar vēlāku kaļķošanas materiāla iedarbību. Turpmākos gados Ca saturs augsnē variantos bija salīdzinoši stabils, izņemot variantu ar dubulto kaļķošanas normu, kur vērojama Ca satura palielināšanās (3. tabula). Dubultās kaļķošanas normas variantos bija novērots arī augstākais augsnes pH līmenis (2. tabula).

3. tabula

**Kalcija satura izmaiņas augsnē stacionārā “Sidrabīņi” pirms augsnes kaļķošanas (13.08.2021.) un pēc augsnes kaļķošanas (12.09.2022.; 07.09.2023; 21.10.2024.; 27.10.2025.)**

| Mēslošanas foni | CaCO <sub>3</sub> ,<br>t ha <sup>-1</sup> | Ca, mg kg <sup>-1</sup> |      |      |      |      |
|-----------------|-------------------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|
|                 |                                           | 2021                    | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| F0              | 0                                         | 572                     | 626  | 445  | 497  | 493  |
|                 | 2.58                                      | 998                     | 692  | 708  | 708  | 711  |
|                 | 5.7                                       | 968                     | 705  | 769  | 775  | 775  |
|                 | 11.4                                      | 988                     | 725  | 751  | 813  | 971  |
| F1              | 0                                         | 866                     | 687  | 867  | 715  | 786  |
|                 | 2.58                                      | 1204                    | 731  | 876  | 906  | 997  |
|                 | 5.7                                       | 1211                    | 764  | 957  | 909  | 1016 |
|                 | 11.4                                      | 1341                    | 772  | 991  | 1062 | 1175 |
| F2              | 0                                         | 430                     | 610  | 400  | 424  | 435  |
|                 | 2.58                                      | 720                     | 684  | 648  | 621  | 647  |
|                 | 5.7                                       | 1000                    | 761  | 867  | 867  | 823  |
|                 | 11.4                                      | 1158                    | 736  | 779  | 866  | 1127 |
| F3              | 0                                         | 754                     | 638  | 507  | 554  | 570  |
|                 | 2.58                                      | 1138                    | 712  | 771  | 748  | 824  |
|                 | 5.7                                       | 1245                    | 779  | 1099 | 1000 | 1084 |
|                 | 11.4                                      | 1271                    | 764  | 931  | 984  | 1156 |

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

Magnija izmaiņās var novērot pakāpenisku satura palielinājumu daudzos kaļķošanas normas un mēslojuma fonu variantos līdz 2024. gadam, pēc kura novērota magnija satura izmaiņu stabilizācija (4. tabula).

**Magnija satura izmaiņas augsnē stacionārā “Sidrabiņi” pirms augsnes kaļķošanas (13.08.2021.) un pēc augsnes kaļķošanas (12.09.2022.; 07.09.2023.; 21.10.2024.; 27.10.2025.)**

| Mēslošanas foni | CaCO <sub>3</sub> ,<br>t ha <sup>-1</sup> | Mg, mg kg <sup>-1</sup> |      |      |      |      |
|-----------------|-------------------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|
|                 |                                           | 2021                    | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| F0              | 0                                         | 44                      | 52   | 51   | 64   | 60   |
|                 | 2.58                                      | 45                      | 88   | 137  | 125  | 124  |
|                 | 5.7                                       | 42                      | 94   | 140  | 170  | 146  |
|                 | 11.4                                      | 38                      | 92   | 113  | 169  | 167  |
| F1              | 0                                         | 77                      | 63   | 230  | 103  | 113  |
|                 | 2.58                                      | 106                     | 63   | 215  | 222  | 266  |
|                 | 5.7                                       | 82                      | 115  | 225  | 177  | 204  |
|                 | 11.4                                      | 79                      | 110  | 169  | 221  | 204  |
| F2              | 0                                         | <30                     | 40   | 47   | 47   | 49   |
|                 | 2.58                                      | <30                     | 88   | 137  | 116  | 107  |
|                 | 5.7                                       | 38                      | 151  | 243  | 216  | 179  |
|                 | 11.4                                      | <30                     | 81   | 111  | 182  | 188  |
| F3              | 0                                         | <30                     | 48   | 59   | 68   | 68   |
|                 | 2.58                                      | 46                      | 85   | 135  | 115  | 131  |
|                 | 5.7                                       | 62                      | 122  | 240  | 198  | 178  |
|                 | 11.4                                      | 78                      | 110  | 174  | 215  | 215  |

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

Augsnes organiskās vielas uzkrāšanās process ir ilgstošs, ko apstiprina arī daudzgadīgā stacionāra augšņu analīze, kad optimāla (F2) un palielināta (F3) minerālmēslojuma ilglaicīgās ietekmes rezultātā vērojama augsnes organiskās vielas (oglekļa) uzkrāšanās, kā rezultātā visos, gan kaļķotajos, gan nekaļķotajos variantos arī 2025. gadā organiskās vielas saturs bija starp 3 un 4 % (4. tabula). Variantos bez minerālmēslu lietošanas organiskās vielas saturs augsnē bija salīdzinoši augsts arī 2025. gadā, robežās no 2.2 % līdz 3.5 %, neskatoties uz vizuālo vērtējumu, ko varētu izskaidrot ar zemo mineralizējošo mikroorganismu aktivitāti līdz ar zemām laukaugu ražām un nelielu augu atlieku daudzumu. Nekaļķotajos variantos bez minerālmēslojuma vai ar mazāko (F1) normu organiskās vielas saturs augsnē 2025. gadā bija pat augstāks kā kaļķotajos variantos, attiecīgi 3.1 % un 3.5 %.

**Augsnes organiskās vielas satura izmaiņas augsnē stacionārā “Sidrabiņi” pirms  
augšnes kaļķošanas (13.08.2021.) un pēc augšnes kaļķošanas (12.09.2022.;07.09.2023;  
21.10.2024.; 27.10.2025)**

| Mēslošanas<br>foni | CaCO <sub>3</sub> , t ha <sup>-1</sup> | Organiskās vielas saturs, % |      |      |      |      |
|--------------------|----------------------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|
|                    |                                        | 2021                        | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| F0                 | 0                                      | 2.8                         | 2.3  | 2.6  | 2.5  | 3.1  |
|                    | 2.58                                   | 2.9                         | 1.8  | 3.2  | 2.9  | 2.6  |
|                    | 5.7                                    | 2.5                         | 2    | 2.6  | 2.6  | 2.2  |
|                    | 11.4                                   | 2.8                         | 2.4  | 2.9  | 2.8  | 2.6  |
| F1                 | 0                                      | 2.5                         | 3.2  | 3.2  | 4.0  | 3.5  |
|                    | 2.58                                   | 2.5                         | 2.3  | 2.5  | 3.2  | 2.8  |
|                    | 5.7                                    | 2.5                         | 2.6  | 2.4  | 2.9  | 2.8  |
|                    | 11.4                                   | 3                           | 3.2  | 3.4  | 3.6  | 3.4  |
| F2                 | 0                                      | 3.3                         | 3.3  | 3.8  | 3.8  | 3.6  |
|                    | 2.58                                   | 3.2                         | 3.2  | 3.1  | 3.7  | 3.3  |
|                    | 5.7                                    | 3.4                         | 4.9  | 3.3  | 3.9  | 3.1  |
|                    | 11.4                                   | 3.2                         | 3.5  | 3.5  | 3.6  | 3.7  |
| F3                 | 0                                      | 3                           | 3.2  | 3.4  | 3.4  | 3.5  |
|                    | 2.58                                   | 3.1                         | 3.5  | 3.7  | 3.8  | 3.9  |
|                    | 5.7                                    | 3.3                         | 3.5  | 3.8  | 4.2  | 3.7  |
|                    | 11.4                                   | 3.1                         | 2.7  | 3.3  | 3.4  | 3.3  |

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

Augiem pieejamo fosforu augsnē ietekmē augsnes kaļķošana, kas sekmē dzelzs un alumīnija fosfātu pārveidošanos vieglāk šķīstošos un augiem pieejamākos kalcija fosfātos. Tomēr kalcija fosfāti arī augiem nav viegli pieejami, jo ir ūdenī nešķīstoši, taču no tiem jau daudz ātrāk un vieglāk saistītais fosfors augsnes bioķīmisku procesu ietekmē pārvēršas ūdenī šķīstošā formā, kas augiem ir izmantojama.

Kaļķošanas variantos bez minerālmēslojuma lietošanas augiem pieejamais fosfors augsnē 2025. gadā ievāktajos augsnes paraugos bija salīdzinoši zems 21-23 mg kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> un stabils (6. tabula).

**Augiem pieejamā fosfora saturs stacionārā “Sidrabiņi” pirms augsnes kaļķošanas (13.08.2021.) un pēc augsnes kaļķošanas (12.09.2022.;07.09.2023, 21.10.2024.; 27.10.2025)**

| Mēslošanas foni | CaCO <sub>3</sub> , t ha <sup>-1</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg kg <sup>-1</sup> |      |      |      |      |
|-----------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|------|------|
|                 |                                        | 2021                                                | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| F0              | 0                                      | <14                                                 | <20  | 20   | 21   | 23   |
|                 | 2.58                                   | <14                                                 | <20  | 24   | 28   | 23   |
|                 | 5.7                                    | <14                                                 | <20  | 22   | 21   | 22   |
|                 | 11.4                                   | <14                                                 | <20  | 20   | <20  | 21   |
| F1              | 0                                      | <14                                                 | 29   | 52   | 45   | 49   |
|                 | 2.58                                   | <14                                                 | 33   | 50   | 46   | 51   |
|                 | 5.7                                    | 17                                                  | 39   | 54   | 51   | 55   |
|                 | 11.4                                   | <14                                                 | 43   | 57   | 55   | 59   |
| F2              | 0                                      | 71                                                  | 90   | 100  | 98   | 111  |
|                 | 2.58                                   | 60                                                  | 85   | 97   | 88   | 91   |
|                 | 5.7                                    | 52                                                  | 75   | 92   | 96   | 99   |
|                 | 11.4                                   | 64                                                  | 90   | 96   | 95   | 110  |
| F3              | 0                                      | 139                                                 | 132  | 160  | 157  | 163  |
|                 | 2.58                                   | 124                                                 | 125  | 163  | 154  | 168  |
|                 | 5.7                                    | 138                                                 | 137  | 178  | 164  | 178  |
|                 | 11.4                                   | 164                                                 | 127  | 157  | 154  | 162  |

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

Jau neliela mēslojuma iestrāde F1 augiem pieejamā fosfora saturu augsnē dubultoja un 2025. gadā ievāktajos augsnes paraugos fosfora saturu augsnē palielinājās līdz 49-59 mg kg<sup>-1</sup>. Vidēja F2 un liela F3 mēslojuma lauciņos augiem pieejamais fosfora daudzums palielinājās aptuveni par 50 mg kg<sup>-1</sup>, salīdzinot ar katru iepriekšējo mēslojuma fonu, taču arī variantos bez mēslošanas līdzekļu izmantošanas (F0) vai ar nelielu mēslojuma normu (F1), kaļķošanas rezultātā augiem pieejamā fosfora satura izmaiņas augsnē bija nenožīmīgas.

**Augiem pieejamā kālija saturs stacionārā “Sidrabīņi” pirms augsnes kaļķošanas (13.08.2021.) un pēc augsnes kaļķošanas (12.09.2022.;07.09.2023, 21.10.2024.; 27.10.2025)**

| Mēslošanas<br>foni | CaCO <sub>3</sub> ,<br>t ha <sup>-1</sup> | K <sub>2</sub> O, mg kg <sup>-1</sup> |      |      |      |      |
|--------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|------|------|------|------|
|                    |                                           | 2021                                  | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| F0                 | 0                                         | 39                                    | 39   | 29   | 38   | 42   |
|                    | 2.58                                      | 37                                    | 43   | 42   | 49   | 43   |
|                    | 5.7                                       | 41                                    | 41   | 41   | 47   | 45   |
|                    | 11.4                                      | 40                                    | 50   | 47   | 49   | 52   |
| F1                 | 0                                         | 40                                    | 44   | 54   | 54   | 54   |
|                    | 2.58                                      | 48                                    | 59   | 66   | 68   | 68   |
|                    | 5.7                                       | 43                                    | 57   | 60   | 64   | 66   |
|                    | 11.4                                      | 44                                    | 54   | 61   | 67   | 69   |
| F2                 | 0                                         | 110                                   | 91   | 91   | 109  | 117  |
|                    | 2.58                                      | 82                                    | 96   | 117  | 126  | 122  |
|                    | 5.7                                       | 83                                    | 111  | 118  | 136  | 127  |
|                    | 11.4                                      | 86                                    | 109  | 113  | 127  | 150  |
| F3                 | 0                                         | 128                                   | 130  | 148  | 160  | 153  |
|                    | 2.58                                      | 116                                   | 133  | 167  | 145  | 157  |
|                    | 5.7                                       | 142                                   | 131  | 172  | 176  | 160  |
|                    | 11.4                                      | 173                                   | 176  | 183  | 162  | 169  |

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

Augiem pieejamais kālijs augsnē kaļķošanas rezultātā mainījās maz vai ar tendenci kālija pieejamībai uzlaboties (7. tabula). Mazākais kālija saturs 2025. gada veģetācijas beigās, līdzīgi kā 2024. gadā, bija variantos bez kaļķošanas visos minerālmēslojuma iestrādes normu variantos (F0 = 42, F1 = 54, F2 = 117 līdz F3 = 153 mg kg<sup>-1</sup>). Kaļķošanas ietekmē 2025. gadā kālija saturs augsnē visu mēslošanas fonu variantos atšķīrās noteiktos diapazonos, t.sk., F0 = 42-52, F1 = 54-69, F2 = 117-150 līdz F3 = 153-169 mg kg<sup>-1</sup>. Vidējs un augsts augiem pieejamā kālija nodrošinājums bija F2 un F3 variantos.

**Augsnes minerālā slāpekļa satura izmaiņas 2025. gada veģetācijas periodā sākumā  
(8. aprīlis) un beigās (27. oktobris)**

| Mēslošanas<br>varianti | Kaļķošanas<br>varianti | N-NH <sub>4</sub> (mg kg <sup>-1</sup> ) |                           | N-NO <sub>3</sub> (mg kg <sup>-1</sup> ) |                           |
|------------------------|------------------------|------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|---------------------------|
|                        |                        | Veģetācijai<br>atjaunojoties             | Veģetācijai<br>beidzoties | Veģetācijai<br>atjaunojoties             | Veģetācijai<br>beidzoties |
|                        |                        | 08.04.2025.                              | 27.10.2025.               | 08.04.2025.                              | 27.10.2025.               |
| N0P0K0                 | L0                     | 1.2                                      | 1.4                       | 2.1                                      | < 0.5                     |
|                        | L1                     | 1.5                                      | 1.9                       | 3.0                                      | < 0.5                     |
|                        | L2                     | 1.6                                      | 1.9                       | 2.4                                      | < 0.5                     |
|                        | L3                     | 1.5                                      | 1.7                       | 2.4                                      | < 0.5                     |
| N45P30K45              | L0                     | 2.0                                      | 2.2                       | 5.7                                      | < 0.5                     |
|                        | L1                     | 2.0                                      | 1.9                       | 4.7                                      | 0.8                       |
|                        | L2                     | 1.9                                      | 1.8                       | 4.4                                      | < 0.5                     |
|                        | L3                     | 2.3                                      | 2.7                       | 5.9                                      | < 0.5                     |
| N90P60K90              | L0                     | 1.7                                      | 1.9                       | 3.0                                      | < 0.5                     |
|                        | L1                     | 1.8                                      | 2.7                       | 3.8                                      | < 0.5                     |
|                        | L2                     | 2.4                                      | 3.0                       | 4.4                                      | 0.6                       |
|                        | L3                     | 2.8                                      | 3.7                       | 4.3                                      | 0.6                       |
| N135P90K135            | L0                     | 1.7                                      | 2.5                       | 3.5                                      | < 0.5                     |
|                        | L1                     | 2.7                                      | 2.2                       | 4.5                                      | 0.9                       |
|                        | L2                     | 2.3                                      | 2.1                       | 6.2                                      | 0.9                       |
|                        | L3                     | 2.3                                      | 2.1                       | 4.6                                      | 0.5                       |

Kaļķošanas foni: L0 – bez kaļķošanas, L1 – 2.58 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>, L2 – 5.70 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>, L3 – 11.40 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>

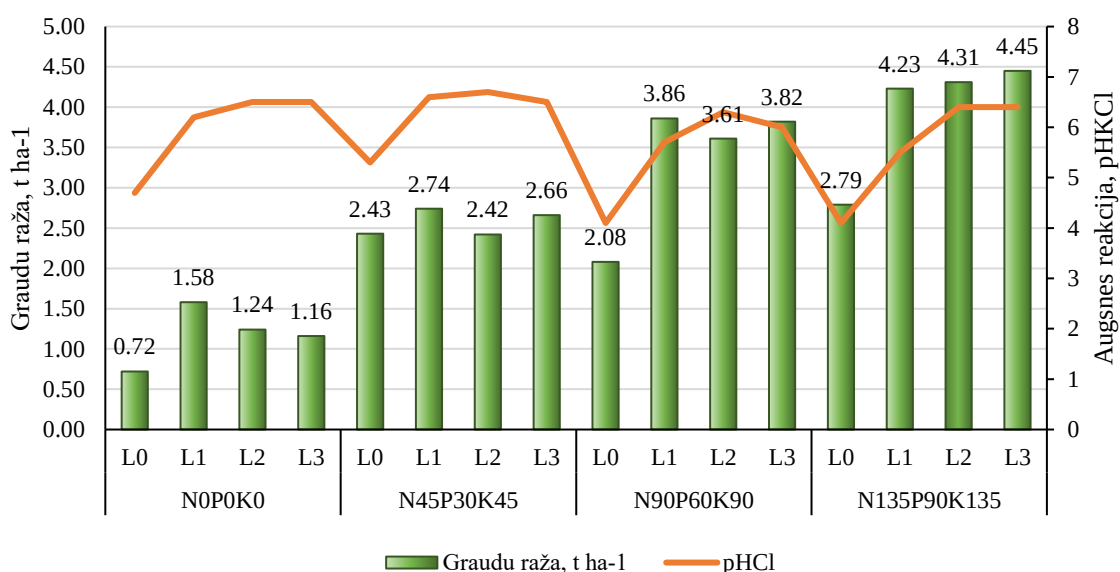
Nitrātu slāpekļa (N-NO<sub>3</sub>) koncentrācija augsnes aramkārtas slānī pēc lietainā 2025. gada veģetācijas perioda rudenī bija zema 0.6-0.9 mg kg<sup>-1</sup> vai nenosakāma laboratorijas apstākļos (< 0.5 mg kg<sup>-1</sup>), ko varētu izskaidrot gan ar drenu noteces veidošanos veģetācijas perioda laikā, kas iepriekšējos gados bija novērota reti, gan arī ar stiebrzāļu –āboliņa pasēju, kas turpina augšanu un attīstību pēc virsauga (vasaras miežu) novākšanas.

Amonija slāpekļa (N-NH<sub>4</sub>) koncentrācija 2025. gada veģetācijas perioda sākumā bija nedaudz augstāka liela (F3) mēslojuma kaļķotajos variantos, kuros vizuāli novērots mazāks sarkanā āboliņa īpatsvars un lielāks stiebrzāļu un miežu izbiru zelmenis. Augstākais amonija slāpekļa saturs augsnes aramkārtā 2025. gada veģetācijas perioda beigās novērots vidēja mēslojuma fona lauciņos (F2) un tas palielinājās līdz ar kaļķošanas normas palielināšanos, kur vērojams salīdzinoši liels sarkanā āboliņa īpatsvars.

## 2.2. Vasaras miežu ražība un ražas kvalitāte

Izmēģinājumā audzēta vasaras miežu šķirne ‘Annika’ (lopbarības grupas), kas raksturojas ar augstu ražas potenciālu ( $5\text{--}8\text{ t ha}^{-1}$ ) atkarībā no mitruma nodrošinājuma veģetācijas laikā un augsnes auglības. Šķirne ir vidēja garuma, ar labu slimību un veldres izturību. Veģetācijas periods vidēji 75 dienas, atkarībā no nokrišņu nodrošinājuma veģetācijas periodā tā var ilgt no 67 dienām līdz 81 dienai.<sup>1</sup>

Izmēģinājumā iegūta  $0.72\text{--}4.45\text{ t ha}^{-1}$  graudu raža (4. attēls). Iegūtie rezultāti liecina, ka vasaras miežu graudu ražu būtiski ietekmēja gan mēslojuma norma ( $p<0.001$ ), gan kaļķošanas devas ( $p<0.001$ ), kā arī abu faktoru mijiedarbība ( $p<0.001$ ).



Kaļķošanas foni: L0 – bez kaļķošanas, L1 –  $2.58\text{ t ha}^{-1}\text{ CaCO}_3$ , L2 –  $5.70\text{ t ha}^{-1}\text{ CaCO}_3$ , L3 –  $11.40\text{ t ha}^{-1}\text{ CaCO}_3$

### 4. attēls. Vasaras miežu ‘Annika’ graudu raža atkarībā no mēslojuma normas un kaļķošanas devas ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

Vasaras mieži ir prasīgs kultūraugs, bez mēslojuma iegūstamā graudu raža pat labi iekultivētā augsnē nepārsniedz  $2.0\text{ t ha}^{-1}$  (Lauku kultūraugu mēslošanas normatīvi, 2013). Stacionāra nemēslotajos variantos iegūta raža  $0.72\text{--}1.16\text{ t ha}^{-1}$ .

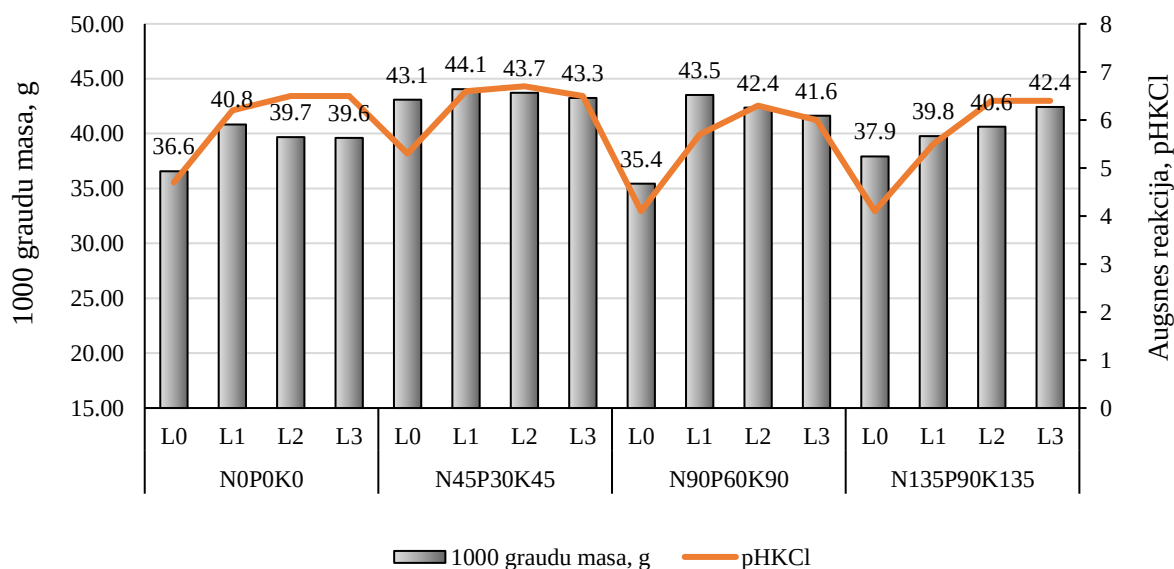
Vērtējot augšņu agroķīmiskos rādītājus stacionāra blokā ar zemāko mēslojuma normu (N45P30K45), lai iegūtu  $3.00\text{ t ha}^{-1}$  graudu ražu, nepieciešams nodrošināt  $65\text{ kg ha}^{-1}$  slāpekļa,  $60\text{ kg ha}^{-1}\text{ P}_2\text{O}_5$  un  $65\text{ kg ha}^{-1}\text{ K}_2\text{O}$ . Šajā blokā lietotā mēslojuma norma nenodrošina augiem vajadzīgo barības vielu daudzumu un iegūta vien  $2.43\text{--}2.74\text{ t ha}^{-1}$  graudu raža.

<sup>1</sup> Vasaras mieži Annika. Scandagra. [Tiešaiste] [skatīts 2025. g. 23. okt.]. Pieejams: <https://www.scandagra.lv/produkts/vasaras-miezi-annika/>

Stacionāra blokā ar vidējo mēslojuma normu (N90P60K90), augsnes nodrošinājums ar  $P_2O_5$  ir vidējs, nodrošinājums ar  $K_2O$  – zems/vidējs, līdz ar to, lietotā mēslojuma norma varētu nodrošināt  $4.0 \text{ t ha}^{-1}$  sēklu ražu (Lauku kultūraugu mēslošanas normatīvi, 2013). Tomēr šajā mēslošanas blokā iegūtā graudu raža variē no  $2.08$  līdz  $3.82 \text{ t ha}^{-1}$ .

Stacionāra blokā ar lielāko mēslojuma normu (N135P90K135), augsnes nodrošinājums ar barības vielām ļauj plānot graudu ražu līdz  $6.00 \text{ t ha}^{-1}$ . 2025. gada nelabvēlīgajos meteoroloģiskajos apstākļos iegūta  $2.79 - 4.45 \text{ t ha}^{-1}$  graudu raža. Augsta raža iegūta arī nekaļķotajā fonā, kur augsnes reakcija ir 4.3. Vasaras miežu audzēšanai ir piemērotas augsnes ar  $pH_{KCl} > 6.0$ . Palielinoties barības vielu nodrošinājumam augsnē (mēslojuma normai), novēroja lielākas atšķirības ražībai dažādos augsnes reakcijas fonos. Pat nemēslotajā variantā (N0P0K0) vasaras miežu ražas atšķirības starp kontroles variantu bez kaļķošanas ( $pH_{KCl} 4.7$ ) un variantiem, kur veikta augsnes kaļķošana ( $pH_{KCl} 6.0 - 6.5$ ) sasniedz  $0.9 \text{ t ha}^{-1}$ . Savukārt variantos ar vidējo (F2) un lielāko (F3) mēslojuma normu ražas atšķirības atkarībā no augsnes reakcijas sasniedz  $1.44 - 1.78 \text{ t ha}^{-1}$ .

Graudu rupjumu un tajās esošo barības vielu daudzumu raksturo 1000 graudu masa (5. attēls). Šī gada meteoroloģiskajos apstākļos 1000 graudu masa bija robežās no  $35.40$  līdz  $44.05 \text{ g}$ . Vasaras miežu graudu ražu būtiski ietekmēja gan mēslojuma norma ( $p < 0.001$ ), gan kaļķošanas devas ( $p < 0.001$ ), kā arī novērota abu faktoru mijiedarbība ( $p < 0.001$ ).



Kaļķošanas foni: L0 – bez kaļķošanas, L1 –  $2.58 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$ , L2 –  $5.70 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$ , L3 –  $11.40 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$

##### 5. attēls. Vasaras miežu 1000 graudu masa atkarībā no mēslojuma un kaļķošanas devas.

Vasaras miežu graudu ķīmiskā sastāva analīžu rezultāti apkopoti 9. tabulā. 2025. gada apstākļos proteīna saturs vasaras kviešu graudos variēja no  $9.29$  līdz  $14.74\%$  un to būtiski



ietekmēja mēslojuma norma. Proteīna saturs graudos bija augstāks kalķotajos variantos visos mēslošanas blokos, salīdzinot ar nekalķoto variantu.

9. tabula

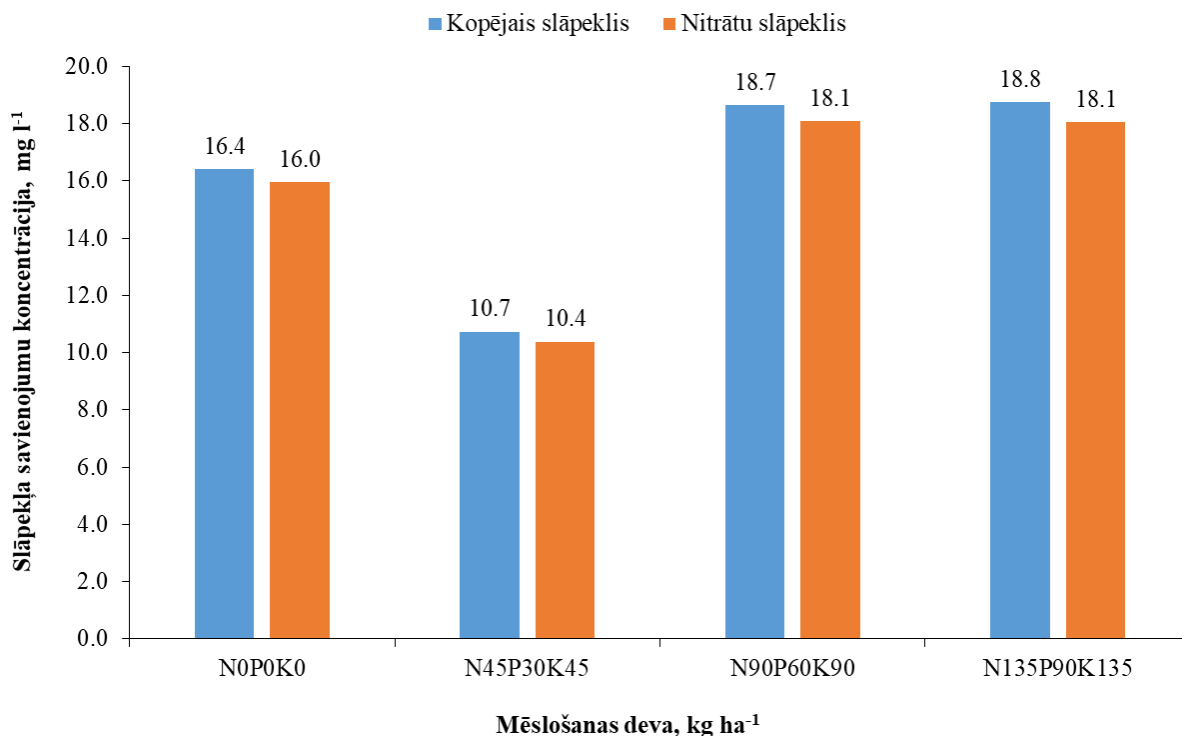
**Vasaras kviešu ‘Annika’ graudu ķīmiskais sastāvs 2025. gadā, %**

| Mēslošanas<br>varianti | CaCO <sub>3</sub> ,<br>t ha <sup>-1</sup> | Kopproteīns,<br>% | P,<br>% | K,<br>% | Ca,<br>% | Mg,<br>% |
|------------------------|-------------------------------------------|-------------------|---------|---------|----------|----------|
| N0P0K0                 | 0                                         | 9.63              | 0.29    | 0.53    | 0.06     | 0.12     |
|                        | 2.58                                      | 9.29              | 0.33    | 0.51    | 0.06     | 0.12     |
|                        | 5.70                                      | 9.53              | 0.35    | 0.54    | 0.06     | 0.12     |
|                        | 11.40                                     | 9.40              | 0.35    | 0.55    | 0.06     | 0.13     |
| N45P30K45              | 0                                         | 9.74              | 0.3     | 0.5     | 0.06     | 0.11     |
|                        | 2.58                                      | 8.95              | 0.32    | 0.49    | 0.06     | 0.11     |
|                        | 5.70                                      | 10.53             | 0.33    | 0.53    | 0.06     | 0.12     |
|                        | 11.40                                     | 10.41             | 0.33    | 0.54    | 0.06     | 0.12     |
| N90P60K90              | 0                                         | 10.75             | 0.36    | 0.56    | 0.06     | 0.13     |
|                        | 2.58                                      | 10.31             | 0.34    | 0.53    | 0.06     | 0.12     |
|                        | 5.70                                      | 10.62             | 0.33    | 0.55    | 0.06     | 0.12     |
|                        | 11.40                                     | 11.33             | 0.37    | 0.60    | 0.07     | 0.13     |
| N135P90K135            | 0                                         | 13.95             | 0.36    | 0.59    | 0.08     | 0.12     |
|                        | 2.58                                      | 14.74             | 0.38    | 0.60    | 0.07     | 0.12     |
|                        | 5.70                                      | 14.73             | 0.39    | 0.60    | 0.08     | 0.13     |
|                        | 11.40                                     | 11.70             | 0.39    | 0.59    | 0.07     | 0.12     |

2025. gada veģetācijas periodā novērots palielināts izkritušo nokrišņu daudzums, sākot no aprīļa II dekādes (323% no normas) līdz ražas novākšanai. Palielināts nokrišņu daudzums konstatēts maija II dekādē – 60.9 mm (338% no normas), jūnija I dekādē – 51.6 mm (245% no normas), jūnija III dekādē – 57.8 mm (254% no normas) un augusta I dekādē – 45.3 mm (181% no normas). Izmēģinājuma laukam ir neliels slīpums, kā arī drenu sistēma, līdz ar to uz lauka nekrājās liekais ūdens un augiem bija labvēlīgi augšanas apstākļi. Kopumā vērtējot šī gada izaicinājumus – vasaras mieži nelabvēlīgos laika apstākļus ar palielinātu nokrišņu daudzumu pārdzīvoja labi, par ko liecina arī ražas apjoms un ražas kvalitātes rādītāji.

### 2.3. Ūdeņu kvalitātes raksturojums atkarībā no mēslošanas normām

Ūdeņu paraugu ķīmiskā sastāva analīžu rezultāti tika apkopoti atkarībā no izmēģinājuma lauciņos izmantotajām mēslošanas normām, t.sk., N0P0K0, N45P30K45, N90P60K90, N135P90K135, neņemot vērā kaļķošanas apstākļus. Laika posmā no 2022. gada līdz 2025. gadam iegūtās 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 un ūdens pH vidējās vērtības apkopotas 6., 7., 8. un 9. attēlā.

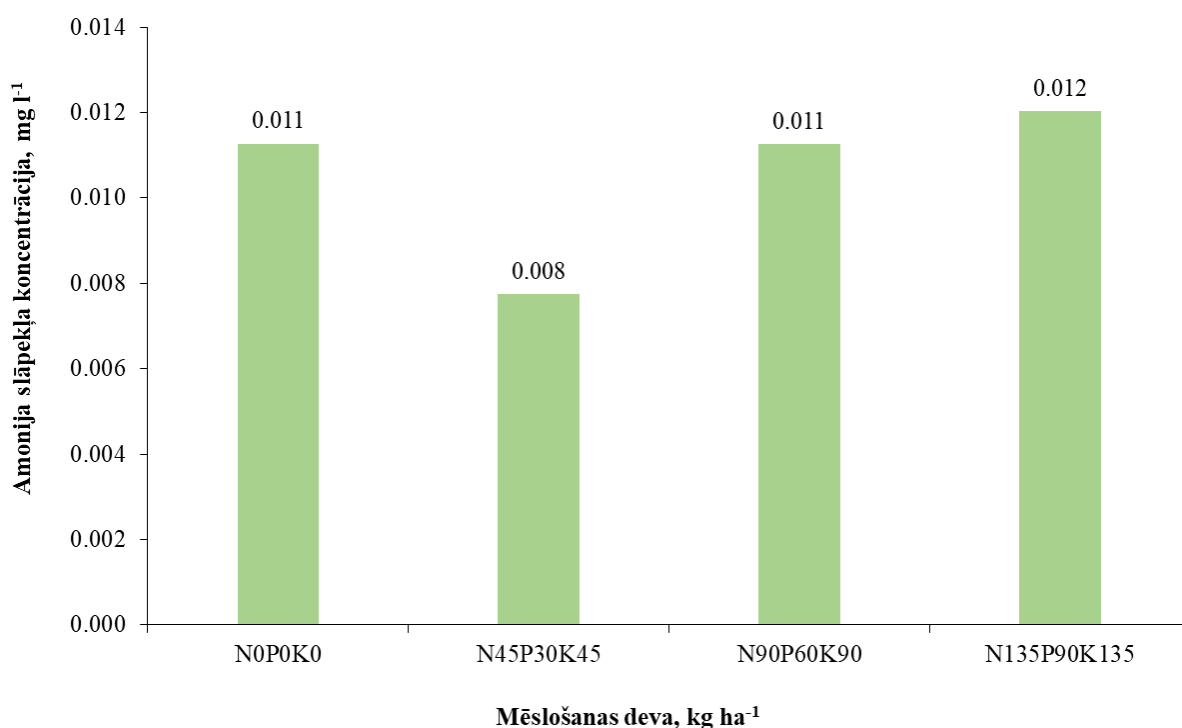


**6. attēls. Pētījuma perioda vidējās kopējā slāpekļa un nitrātu slāpekļa koncentrācijas atkarībā no mēslošanas normām.**

6. attēlā vizualizētie  $NO_3-N$  un  $N_{kop}$  vidējo koncentrāciju rezultāti apstiprina lauksaimniecības noteču monitoringa ietvaros iegūtos rezultātus, ka drenu sistēmu uztvertajos un novadītajos ūdeņos  $NO_3-N$  ir dominējošā slāpekļa savienojumu forma. Laika posmā no 2022. gada līdz 2025. gadam ievāktajos ūdens paraugos vidējā  $NO_3-N$  un  $N_{kop}$  savstarpējā attiecība visu mēslošanas variantu gadījumā ir 97%. Vienlīdz augstas  $N_{kop}$  un  $NO_3-N$  vidējās koncentrācijas konstatētas no mēslošanas variantu N90P60K90 un N135P90K135 lauciņiem novadītajos drenu sistēmu ūdeņos. Paaugstinātas slāpekļa savienojumu koncentrācijas mēslošanas varianta N0P0K0 lauciņu drenu sistēmu ūdeņos varētu būt skaidrojamas ar konkrētajam mēslošanas variantam raksturīgiem vāji attīstītiem kultūraugiem, kas nespēj uzņemt augsnē esošās minerālā slāpekļa formas un tās ir pakļautas izskalošanās riskam ūdenim gravitācijas spēku ietekmē pārvietojoties no augsnes virskārtas līdz drenu izbūves dziļumam.

Paaugstinātas slāpekļa savienojumu koncentrācijas ūdeņos, kas tiek novadīti no mēslošanas variantu N90P60K90 un N135P90K135 lauciņiem, liecina par slāpekļa savienojumu pārpalikumu augsnē, kas veidojās izkļiedējot minerālo mēslojumu un iepriekšējo kultūraugu atliekām pakāpeniski pārveidojoties no organiskajām uz neorganiskajām formām, kas ir pakļautas izskalošanās riskam. Izteikti zemākās slāpekļa savienojumu koncentrācijas novērotas no mēslošanas varianta N45P30K45 lauciņiem novadītajos ūdeņos, kas liecina, ka šajā mēslošanas variantā izskalošanās riskiem pakļautais slāpekļa savienojumu pārpalikums augsnē veidojās ievērojami mazāks nekā citos mēslošanas variantos.

7. attēlā apkopoti novēroto vidējo amonija slāpekļa koncentrāciju rezultāti, kas iegūti no mēslošanas variantu lauciņiem ievāktajiem ūdens paraugiem.

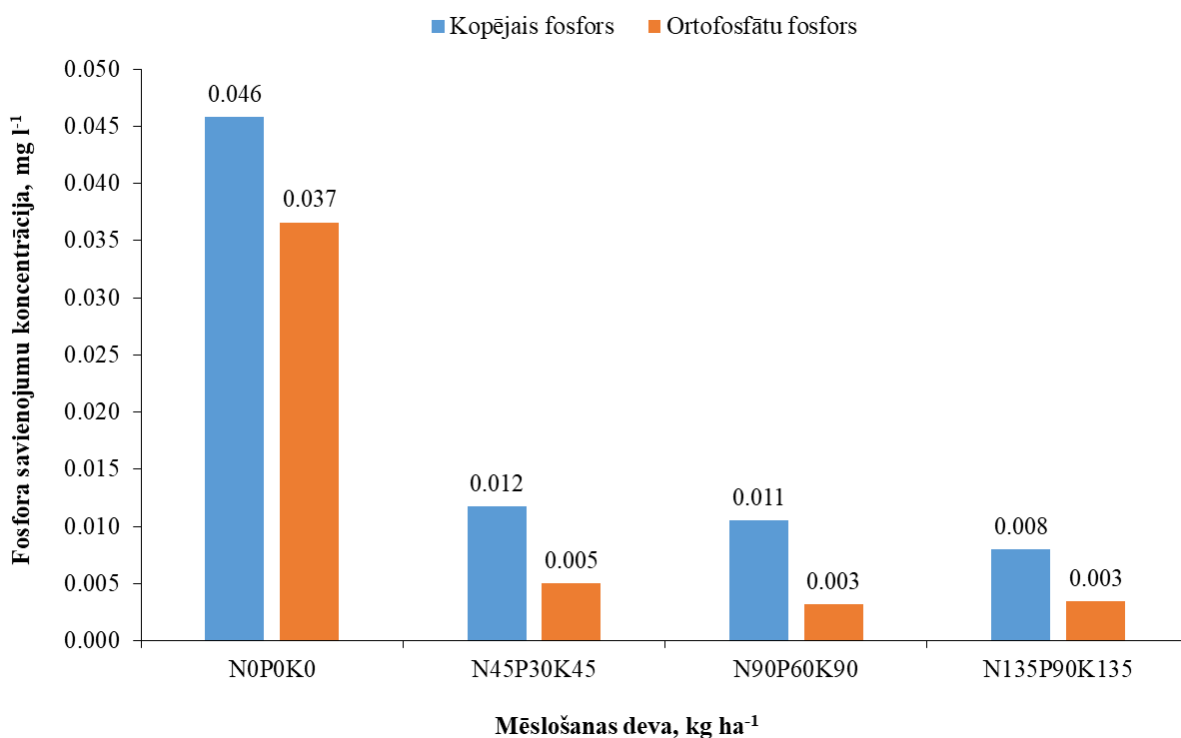


#### 7. attēls. Pētījuma perioda vidējās amonija slāpekļa koncentrācijas atkarībā no mēslošanas normām.

Izmēģinājuma lauciņos drenu notecē novērotās vidējās amonija slāpekļa koncentrācijas uzskatāmas par izteikti zemām, kas skaidrojams ar NH<sub>4</sub>-N veidošanās un izskalošanās procesu īpatnībām. NH<sub>4</sub>-N veidojās mineralizācijas (amonifikācijas) procesu ietvaros, kad mikroorganismi pārveido organiskajā vielā ietilpstošo slāpekli līdz amonija joniem. Amonija joni ir pozitīvi lādēti, līdz ar to amonija joniem ir tendence saistīties ar negatīvi lādētajām augsnes daļiņām, kas ievērojami samazina izskalošanās risku ar drenu noteci. Mēslošanas variantu ietvaros novēroto vidējo NH<sub>4</sub>-N koncentrāciju savstarpējo attiecību tendences kopumā

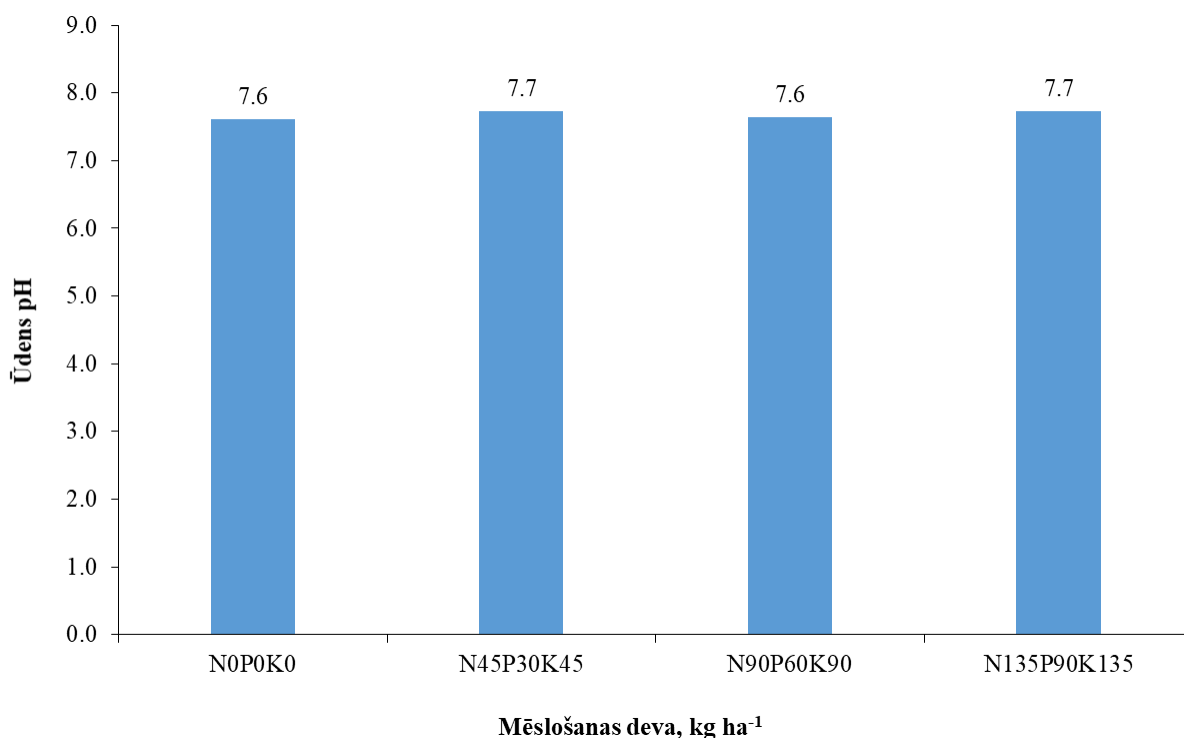
atbilst  $N_{kop}$  un  $NO_3-N$  vidējo koncentrāciju gadījumā novērotajām tendencēm, kur zemākās vidējās koncentrācijas novērotas no mēslošanas varianta N45P30K45 lauciņiem novadītajos ūdeņos.

8. attēlā apkopoti fosfora savienojumu koncentrāciju rezultāti, ka iegūti no mēslošanas variantu lauciņiem ievāktajiem ūdens paraugiem. Atšķirībā no slāpekļa savienojumu piemēra,  $PO_4-P$  kā ūdenī viegli šķīstoša fosfora savienojumu forma nav uzskatāma par noteicošo kopējā fosfora koncentrāciju vērtību veidošanā. Izteikti augstākās  $P_{kop}$  un  $PO_4-P$  vidējās koncentrācijas novērotas no nemēslojamā izmēģinājumu varianta lauciņiem novadītajos ūdeņos. Noteikti jāatzīmē, ka nemēslotajos laucīņos paaugstinātas vidējās vērtības izraisa vienā izmēģinājumu lauciņā ( $N0P0K0$ ,  $2.85 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$ ) piecos ievāktajos ūdens paraugos noteiktās augstās fosfora savienojumu koncentrācijas, kur viena no laboratorijā noteiktajām fosfora savienojumu koncentrācijām ir tik neadekvāti augsta, ka tika izslēgta no analizējamās datu kopas. Pārējos mēslošanas variantos fosfora savienojumu koncentrācijas atšķiras nenozīmīgi un kopumā uzskatāmas par izteikti zemām. Stacionārā “Sidrabiņi” iegūtie fosfora savienojumu koncentrāciju rezultāti atbilst lauksaimniecības noteču monitoringa ietvaros monitoringa stacijā “Mellupīte” izveidotajos izmēģinājumu laucīņos novērotajiem rezultātiem, kur samazinātu slāpekli saturoša minerālā mēslojuma normu izmantošana rezultējās palielinātās fosfora savienojumu koncentrācijās drenu notecē.



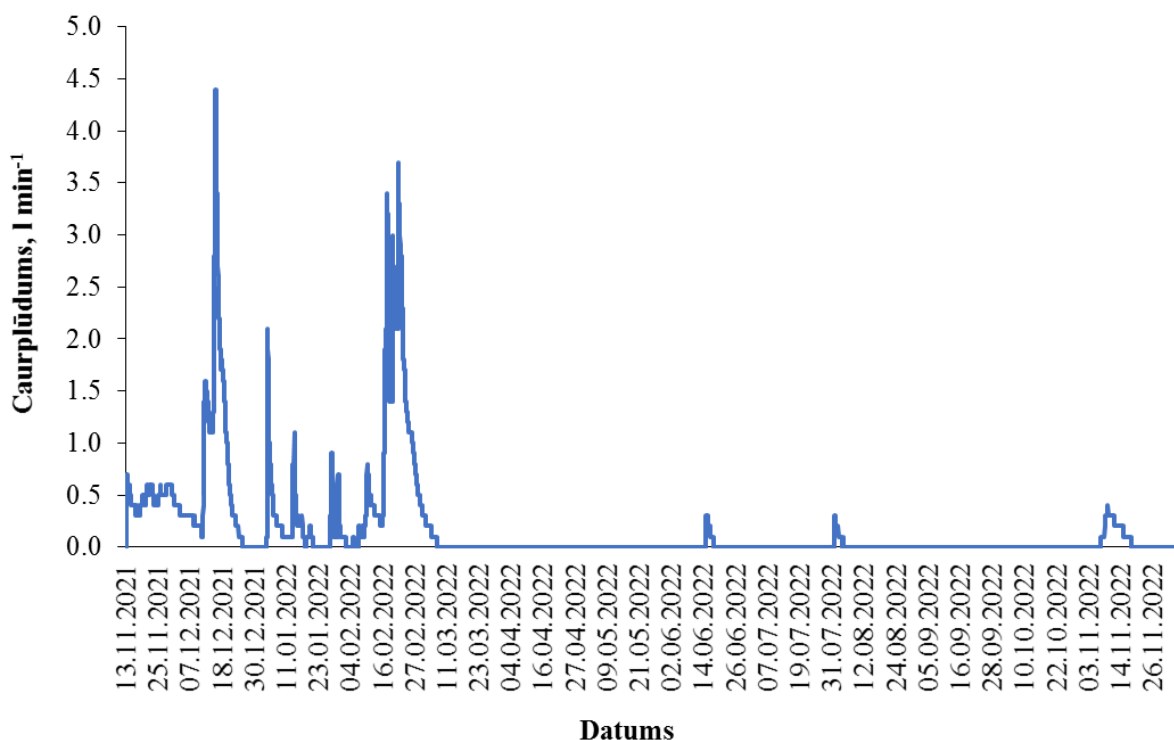
**8. attēls. Pētījuma perioda vidējās kopējā fosfora un ortofosfātu fosfora koncentrācijas atkarībā no mēslošanas normām.**

9. attēlā apskatāmas pētījuma periodā no 2022. gada līdz 2025. gadam ievāktajos ūdens paraugos noteiktās vidējās pH vērtības, no kurām iespējams secināt, ka mēslošanas normām nav tieša ietekme uz izmēģinājuma lauciņos ierīkoto drenu sistēmu novadīto ūdeņu pH.



**9. attēls. Pētījuma perioda vidējās ūdens pH vērtības atkarībā no mēslošanas variantiem.**

Jāatzīmē, ka drenu notece veidojās un ūdens paraugus iespējams ievākt vien apstākļos, kad augsne ir piesātināta ar ūdeni un gruntsūdens līmenis ir tuvu vai virs drenu izbūves dziļuma. Konkrētajos izmēģinājuma lauciņos notece veidojās novembra, decembra, janvāra, februāra un marta mēnešos, aprīlī vai maijā drenu notece pamazām izsīkst, vasaras mēnešos novērotas vien atsevišķas īslaicīgas noteces epizodes. Slāpekļa un fosfora savienojumu izskalošanās nosusinātās lauksaimniecības zemēs ir atkarīga no drenu noteces ilguma un intensitātes. 10. attēlā sniegts ieskaits caurplūduma īpatnībās, kuras novērotas izmēģinājuma lauciņa (N135P90K135, 11.4 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>) drenu sistēmā.



**10. attēls. Caurplūdums izmēģinājuma lauciņa (N135P90K135, 11.4 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>) drenu sistēmā.**

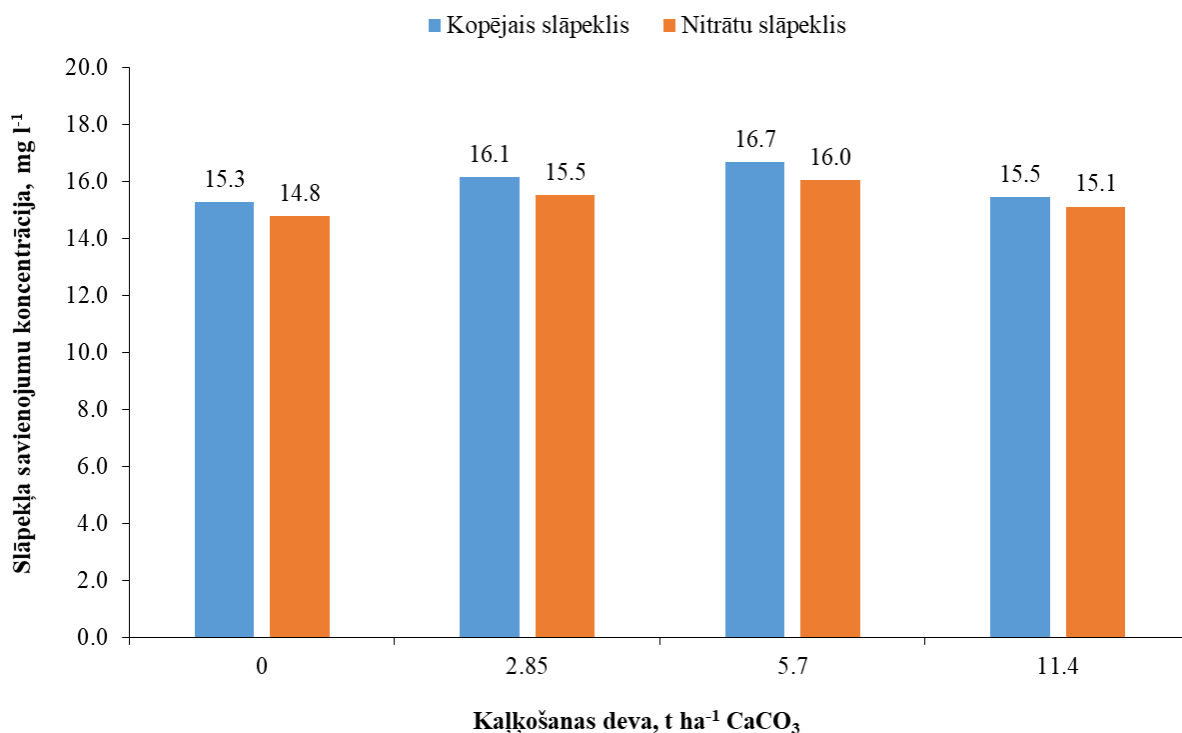
Konkrētajā izmēģinājuma lauciņā notece intensīvi veidojās novembra, decembra, janvāra un februāra mēnešos, marta mēnesī notece pamazām izsīkst, vasaras mēnešos novērotas vien atsevišķas īslaicīgas noteces epizodes. Drenu noteci neveģetācijas periodā izraisa nokrišņu izkrišana lietus veidā vai laika gaitā akumulētās sniega segas kušana, kur abi minētie procesi var norisināties pozitīvu gaisa temperatūru gadījumā.

## **2.4. Ūdeņu kvalitātes raksturojums atkarībā no kaļķošanas devām**

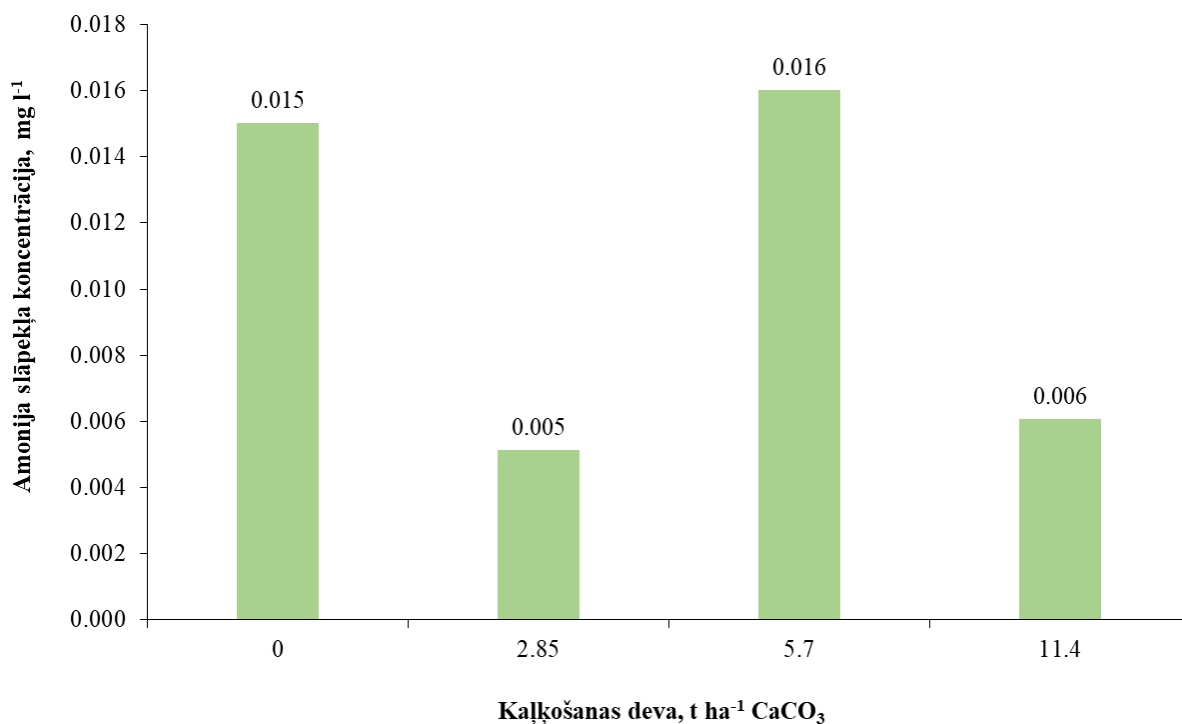
Analogi kā tas tika konstatēts, analizējot slāpekļa savienojumu koncentrācijas atkarībā no izkliedētā mēslojuma normām, izmēģinājuma lauciņos, kuros tiek izkliedētas dažādas kaļķošanas devas, nitrātu slāpekļi ir izteikti dominējošā slāpekļa savienojumu forma, kas nosaka kopējā slāpekļa koncentrācijas (11. attēls). Kopumā ūdeņu kvalitātes monitoringa rezultāti nenorāda par nozīmīgām slāpekļa savienojumu koncentrāciju atšķirībām atkarībā no pielietotajām kaļķošanas devām.

Augstākas vidējās amonija slāpekļa koncentrācijas, kuras ir savstarpēji līdzīgas, novērotas izmēģinājuma lauciņos, kuros netiek izkliedēts kaļķošanas materiāls un izkliedētā kaļķošanas deva ir 5.7 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> (12. attēls). Divu kaļķošanas devu izmēģinājumu lauciņos (2.85 un 11.4 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>) amonija slāpekļa koncentrācijas ūdenī ir zemas un savstarpēji

līdzīgas. Novērtējot iegūtos rezultātus, iespējams secināt, ka kaļķošanas devām nav viennozīmīga ietekme uz amonija slāpekļa koncentrācijām, kuras tiek novērotas drenu notecē.

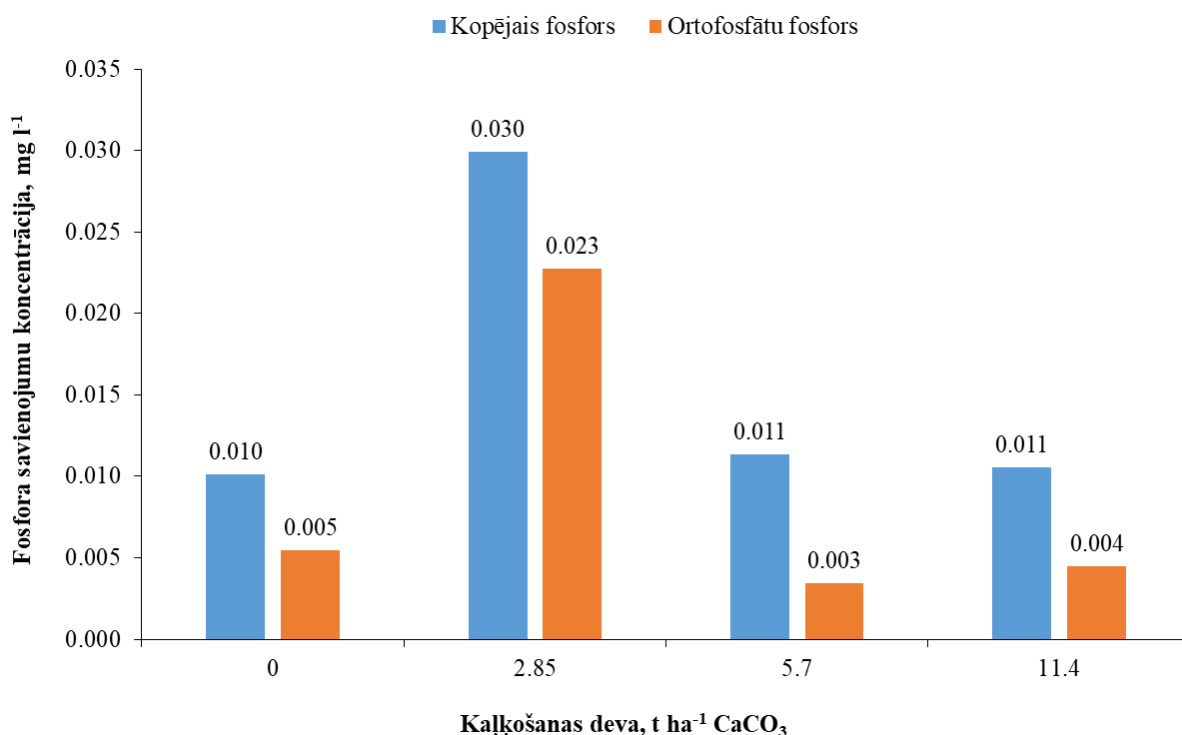


**11. attēls. Pētījuma perioda vidējās kopējā slāpekļa un nitrātu slāpekļa koncentrācijas atkarībā no kaļķošanas devām.**



**12. attēls. Pētījuma perioda vidējās amonija slāpekļa koncentrācijas atkarībā no kaļķošanas devām.**

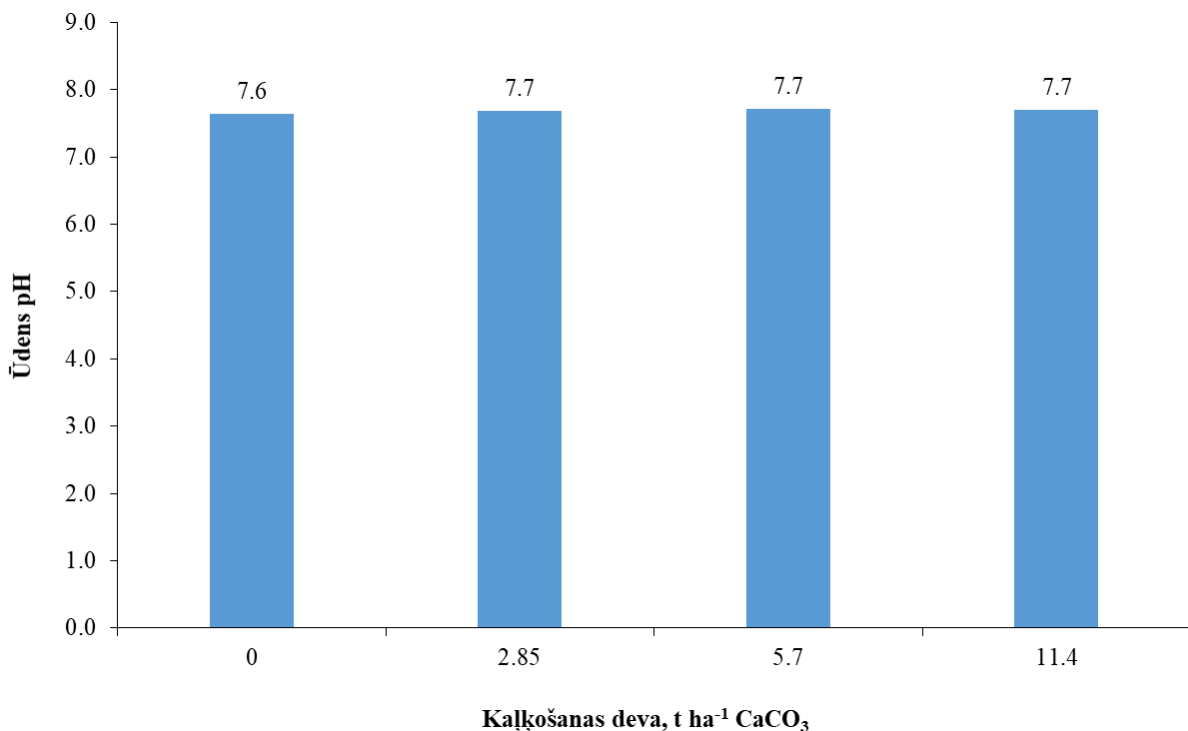
Augstākās fosfora savienojumu koncentrācijas novērotas izmēģinājuma lauciņos, kuros izkliedētā kaļķošanas deva ir  $2.85 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$  (13. attēls). Analogi, kā tas tika konstatēts, novērtējot vidējās fosfora savienojumu koncentrācijas atkarībā no mēslošanas variantiem (8. attēls), vienā lauciņā (N0P0K0,  $2.85 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$ ) novērotās piecas paaugstinātās koncentrācijas nozīmīgi ietekmē konkrētajam kaļķošanas variantam raksturīgo vidējo vērtību. Pārējo kaļķošanas variantu izmēģinājuma lauciņos ievāktajos ūdens paraugos konstatētas līdzīgas vidējās fosfora savienojumu koncentrācijas, kuras kopumā var tikt raksturotas kā izteikti zemas.



**13. attēls. Pētījuma perioda vidējās kopējā fosfora un ortofosfātu fosfora koncentrācijas atkarībā no kaļķošanas devām.**

14. attēlā apskatāmas pētījuma periodā no 2022. gada līdz 2025. gadam ievāktajos ūdens paraugos noteiktās vidējās pH vērtības, no kurām iespējams secināt, ka kaļķošanas devām nav tieša ietekme uz izmēģinājuma lauciņos ierīkoto drenu sistēmu novadīto ūdeņu pH vērtībām.





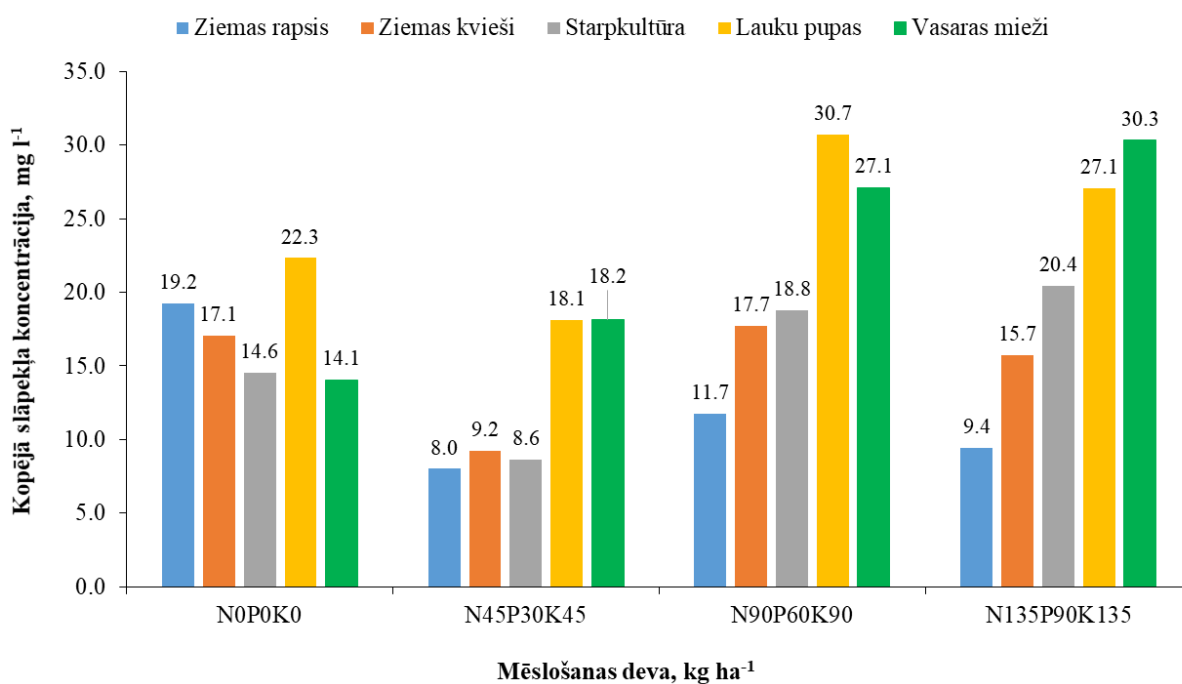
**14. attēls. Pētījuma perioda vidējās ūdens pH vērtības atkarībā no kaļķošanas devām.**

## **2.5. Ūdeņu kvalitātes raksturojums atkarībā no kultūraugiem un mēslošanas normām**

Lai detalizētāk pētītu augu barības vielu izskalošanās procesus, iegūtie ūdeņu kvalitātes monitoringa rezultāti ir apkopoti kultūraugu augšanas periodu ietvaros, kur par kultūraugu augšanas periodu uzskatāms laika posms no viena kultūrauga sējas līdz nākamā kultūrauga sējai. 15. attēlā apkopoti vidējo kopējā slāpekļa koncentrāciju rezultāti, kas raksturīgi izmēģinājuma lauciņos audzēto kultūraugu periodiem.

Vērtējot iegūtos monitoringa rezultātus no mēslošanas normu perspektīvas, iespējams secināt, ka palielinātas izkliedētā mēslojuma normas gadījumā (N135P90K135) kopējā slāpekļa koncentrācijas no pirmā pētījumā iesaistītā kultūrauga (ziemas rapsis) līdz pēdējam kultūraugam (vasaras mieži) pakāpeniski palielinās. Tas nozīmē, ka laika gaitā konkrētajos izmēģinājuma lauciņos ir notikusi pakāpeniska slāpekļa savienojumu veidošanās un uzkrāšanās, kas kombinācijā ar minerālā mēslojuma saturā izkliedēto slāpekli, veido augsnē palielinātu kultūraugiem pieejamo slāpekļa savienojumu daudzumu. Gadījumos, kad kultūraugi dažādu apstākļu dēļ nespēj izmantot augsnē pieejamos slāpekļa savienojumus, notiek slāpekļa savienojumu izskalošanās, galvenokārt, nitrātu slāpekļa formā. Ne tik izteikta, bet tomēr līdzīga tendence novērojama vēl divu mēslošanas normu pielietojuma gadījumos (N45P30K45 un N90P60K90).

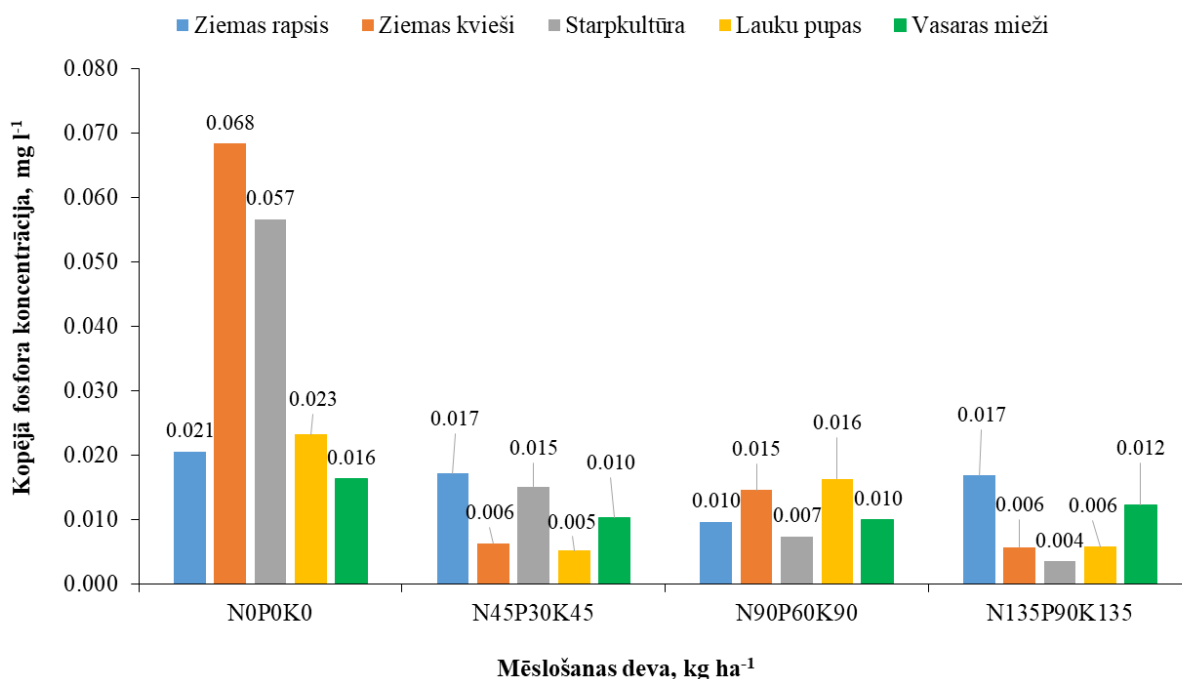
Vērtējot kopējā slāpekļa koncentrācijas no izmēģinājuma lauciņiem novadītajā drenu notecē no kultūraugu ietekmes perspektīvas, var secināt, ka ziemas rapša un ziemas kviešu augšanas laikā ūdeņos novērotas zemākas kopējā slāpekļa koncentrācijas nekā sekojošo kultūraugu gadījumos, izņemot mēslošanas variantu, kurā netiek izkliedēts minerālais mēslojums. Izteiktā vairumā gadījumā lauku pupu un vasaras miežu augšanas laikā novērotas augstākās  $N_{kop}$  vidējās koncentrācijas, kas papildus iepriekš sniegtajam skaidrojumam par pakāpenisku slāpekļa savienojumu veidošanos un uzkrāšanos, kā arī sekojošo izskalošanos no augsnes profila, varētu būt skaidrojams ar lauku pupu un vasaras miežu spēju uzņemt augsnē pieejamo palielināto slāpekļa savienojumu daudzumu. Vienlaikus jāpiemin, ka meteoroloģiskie un saistītā veidā arī drenu noteces veidošanās apstākļi visu kultūraugu augšanas laika posmos nav bijuši vienādi, piemēram, 2025. gada veģetācijas sezonai ir raksturīgs palielināts nokrišņu daudzums, kas sekmēja vertikālo ūdens kustību, drenu noteces veidošanos un slāpekļa savienojumu izskalošanos.



**15. attēls. Pētījuma perioda vidējās kopējā slāpekļa koncentrācijas atkarībā no kultūrauga un mēslošanas normām.**

16. attēlā apkopotas vidējās kopējā fosfora koncentrācijas drenu notecē, kas raksturo izmēģinājuma lauciņos audzēto kultūraugu periodus. Palielinātas vidējās kopējā fosfora koncentrācijas novērotas nemēslotajā variantā laika periodos, kad lauciņos audzēti ziemas kvieši un starpkultūra. Iegūtos rezultātus viennozīmīgi nevar interpretēt, jo nemēslotajos lauciņos paaugstinātas vidējās vērtības izraisa vienā izmēģinājumu lauciņā (N0P0K0, 2.85 t ha<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>) piecos ievāktajos ūdens paraugos noteiktās augstās fosfora savienojumu

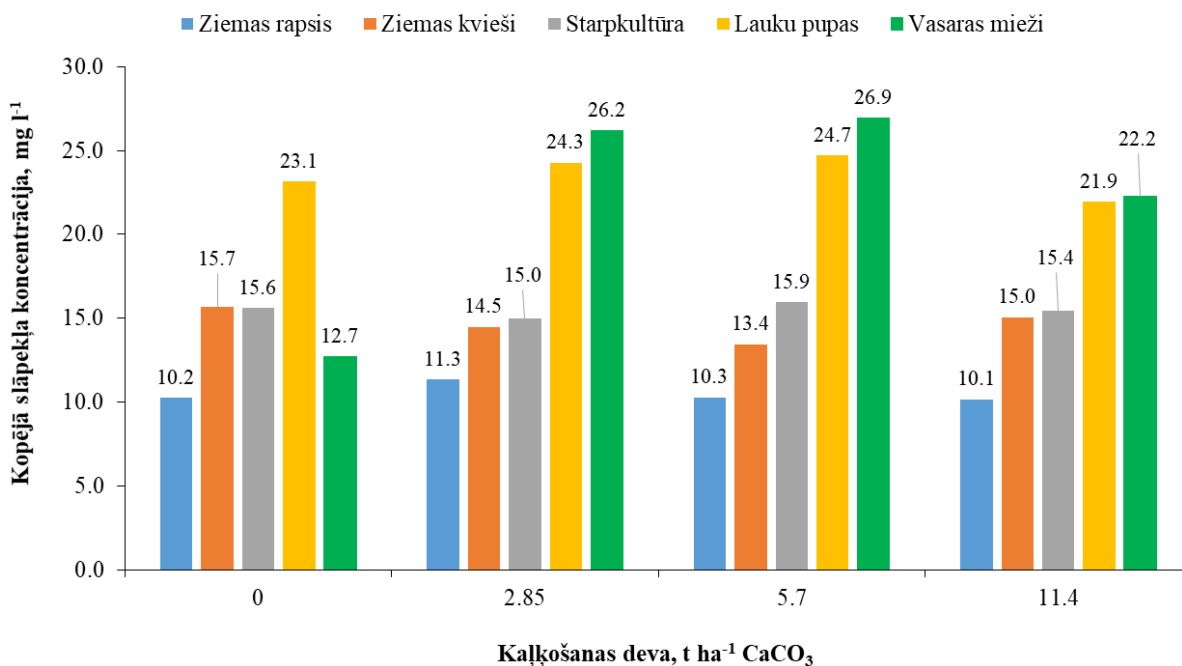
koncentrācijas, turklāt pārējos mēslošanas normu variantos ziemas kviešu un starpkultūras augšanas laika posmā līdzīgas tendences netiek novērotas.



**16. attēls. Pētījuma perioda vidējās kopējā fosfora koncentrācijas atkarībā no kultūrauga un mēslošanas normām.**

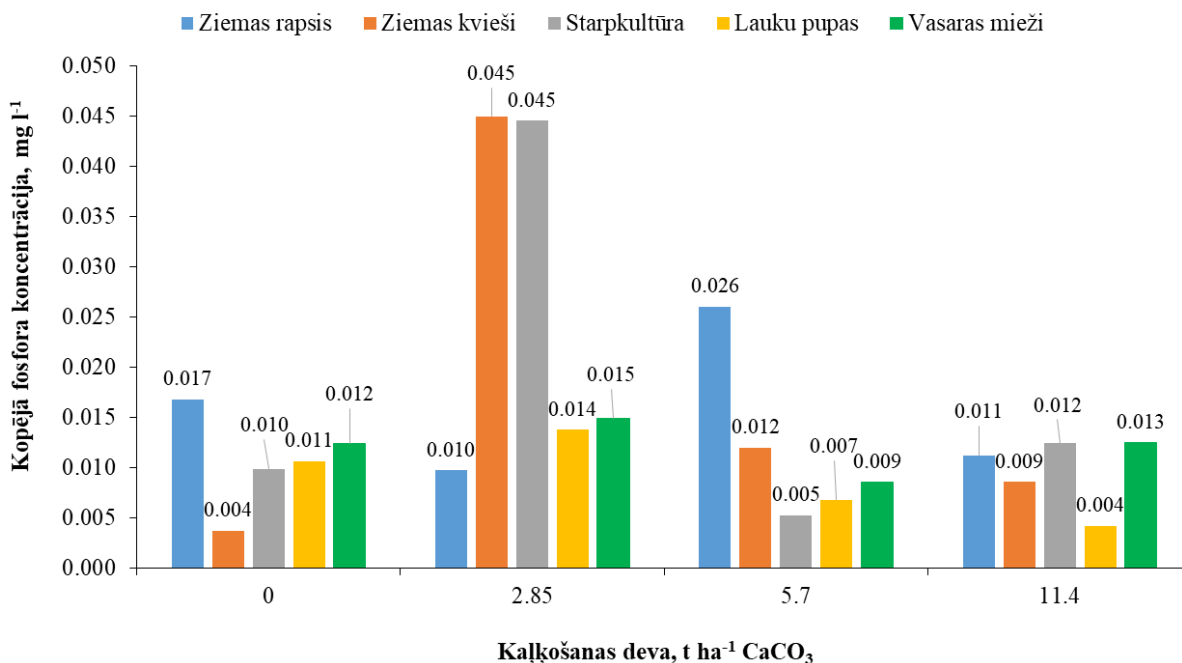
## 2.6. Ūdeņu kvalitātes raksturojums atkarībā no kultūraugiem un kaļķošanas devām

17. attēlā raksturotas vidējās kopējā slāpekļa koncentrācijas atkarībā no izmēģinājumu lauciņos sētajiem kultūraugiem un kaļķošanas devām. Kultūraugu un kaļķošanas devu kopējās ietekmes salīdzināšanas gadījumā novērota vēl izteiktāka tendence laika gaitā pakāpeniski palielināties kopējā slāpekļa koncentrācijām drenu notecē, nekās tas tika raksturots kultūraugu un mēslošanas normu kopējās ietekmes salīdzināšanas gadījumā. Kaļķošanas devu variantu 2.85, 5.7 un 11.4 t ha<sup>-1</sup> lauciņos sākot no pirmā pētījumā iesaistītā kultūrauga (ziemas rapsis) līdz pēdējam kultūraugam (vasaras mieži) pakāpeniski palielinās vidējās kopējā slāpekļa koncentrācijas ievāktajos ūdeņu paraugos. Vienlaikus 17. attēlā apkoptie ūdeņu kvalitātes monitoringa rezultāti uzskatāmi parāda, ka kopējā slāpekļa koncentrācijas audzēto kultūraugu un pielietoto kaļķošanas devu ietvaros atšķiras minimāli. Tas nozīmē, ka kaļķošanas devu variantiem viennozīmīgi nav ietekmes uz slāpekļa savienojumu izskalošanos.



**17. attēls. Pētījuma perioda vidējās kopējā slāpekļa koncentrācijas atkarībā no kultūrauga un kaļķošanas devām.**

No 18. attēlā vizualizētajiem ūdeņu kvalitātes monitoringa rezultātiem iespējams secināt, ka vienotas tendences starp kultūraugiem, kaļķošanas devām un vidējām kopējā fosfora koncentrācijām drenu notecē nav novērojamas.



**18. attēls. Pētījuma perioda vidējās kopējā fosfora koncentrācijas atkarībā no kultūrauga un kaļķošanas devām.**

---

## Secinājumi

---

1. Vasaras miežu graudu ražu būtiski ietekmēja gan augsnes reakcija, gan lietotās mēslojuma normas. Augstākā graudu raža un 1000 graudu masa iegūta variantos, kur gan mēslojuma norma (N135P90K135), gan augsnes reakcija ( $\text{pH}_{\text{KCl}} > 6.5$ ) atbilst vasaras miežu prasībām.
2. Palielinoties aug barības vielu nodrošinājumam augsnē (mēslojuma normai), novērojamas lielākas atšķirības ražībai dažādos augsnes reakcijas fonos.
3. 2025. gada mitrā veģetācijas perioda beigās novērots samazināts nitrātu slāpekļa saturs augsnes aramkārtā ( $< 0.5 - 0.9 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Kaļķotajos variantos konstatēts augstāks amonija slāpekļa saturs augsnē variantos ar vidējo mēslojuma normu (N90P60K90).
4. Vērtējot laika posmā no 2022. gada līdz 2025. gadam iegūtos ūdeņu kvalitātes monitoringa rezultātus, viennozīmīga izmēģinājuma lauciņos izmantoto mēslošanas normu un kaļķošanas devu ietekme uz ūdeņu kvalitāti nav konstatēta.
5. Atšķirīgu mēslošanas normu izmantošanas gadījumā augstākās vidējās slāpekļa savienojumu koncentrācijas pētījuma periodā novērotas vidējas (N90P60K90) un augstas (N135P90K135) mēslošanas normas izmēģinājumu lauciņos. Kamēr augstākās fosfora savienojumu koncentrācijas novērotas izmēģinājuma lauciņos, kuros mēslojums netiek izkliedēts. Jāņem vērā, ka nemēslotajos lauciņos paaugstinātas vidējās fosfora savienojumu vērtības izraisa vienā konkrētā izmēģinājumu lauciņā (N0P0K0,  $2.85 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$ ) piecos ievāktajos ūdens paraugos noteiktās augstās fosfora savienojumu koncentrācijas, kas norāda uz vietējas nozīmes specifisku apstākļu tiešu ietekmi uz attiecīgajā lauciņā ievākto ūdens paraugu analīžu rezultātiem.
6. Atšķirīgām kaļķošanas devām raksturīgajos izmēģinājumu variantos pētījuma periodā novērotās vidējās slāpekļa savienojumu koncentrācijas ir savstarpēji līdzīgas un nenorāda par kaļķošanas devu ietekmi uz slāpekļa savienojumu koncentrāciju izmaiņām. Analoga situācija novērota, vērtējot vidējās fosfora savienojumu koncentrācijas, kur visos kaļķošanas devu variantos konstatētas savstarpēji līdzīgas vidējās koncentrācijas, izņemot variantu ar devu  $2.85 \text{ t ha}^{-1} \text{ CaCO}_3$ . Šajā izmēģinājumu variantā paaugstinātas vidējās fosfora savienojumu vērtības izraisa vienā konkrētā izmēģinājumu lauciņā ievākto ūdeņu paraugu rezultāti.
7. Savstarpēji salīdzinot atsevišķu kultūraugu augšanas periodu ietvaros iegūtos ūdeņu kvalitātes monitoringa rezultātus ar dažādu mēslošanas normu un kaļķošanas devu izmantošanu, iespējams secināt, ka pastāv kopēja tendence – vidējās kopējā slāpekļa koncentrācijas laika gaitā pakāpeniski palielinās, izņemot izmēģinājumu variantus, kuros netiek izkliedēts mēslojums un kaļķošanas materiāls.

---

## 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.