**Latvijas Lauksaimniecības universitāte**

**LAUKSAIMNIECĪBAS FAKULTĀTE**

**ZEMKOPĪBAS ZINĀTNISKAIS INSTITŪTS**

# SLĀPEKĻA MĒSLOJUMA NORMAS OPTIMIZĀCIJA VASARAS KVIEŠIEM SMILŠMĀLA UN MĀLSMILTS AUGSNĒ PĒC DAŽĀDIEM PRIEKŠAUGIEM

**AIVARS JERMUŠŠ**

Promocijas darbs lauksaimniecības zinātņu doktora (Dr. agr.) grāda iegūšanai

| | |
|---|---|
| Zinātniskais vadītājs | Dr. agr. Jānis Vigovskis |
| Zinātniskais konsultants | Dr. habil. agr. Antons Ruža |
| Darba autors | Mg. agr. Aivars Jermušs |

**JELGAVA 2010**

# A N O T Ā C I J A

Darba mērķis bija precizēt slāpekļa mēslojuma optimālās normas noteikšanu vasaras kviešiem atkarībā no priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva un to savstarpējās mijiedarbības.

Darba uzdevums bija pētīt pieaugošu slāpekļa minerālmēslu normu ietekmi uz vasaras kviešu graudu ražu atkarībā no priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva, ņemot vērā slāpekļa savienojumu saturu gan augos, gan augsnē, skaidrot optimālā slāpekļa minerālmēslojuma normu izmēģinājumos un vērtēt tās noteikšanas metodes, kā arī noteikt vasaras kviešu graudu kvalitatīvo rādītāju izmaiņas.

Slāpekļa mēslojuma efektivitātes noteikšanai Skrīveros mālsmilts un smilšmāla augsnē no 1999. līdz 2001. gadam tika ierīkoti 17 lauka izmēģinājumi ar vasaras kviešiem pēc graudaugiem, kartupeļiem un zālaugiem. Izmēģinājumos tika pārbaudīti septiņi slāpekļa mēslojuma varianti: 0; 50; 100; 150; 200; 250; kg $ha^{-1}$ un slāpekļa diagnostikas variants ar difenilamīna metodi. Smilšmāla augsnes agroķīmiskie rādītāji: pH KCl 6.3, organiskā viela – 23.0 g $kg^{-1}$ (Tjurina met.), fosfors – 100 mg $kg^{-1}$ (DL – metode), kālijs – 135 mg $kg^{-1}$ (DL – metode). Mālsmilts augsnē: pH KCl 5.7, organiskā viela – 22.0 g $kg^{-1}$, fosfors – 142 mg $kg^{-1}$, kālijs – 92 mg $kg^{-1}$.

Lielāko slāpekļa krājumu aramkārtā atstāja zālaugi, vidēji veģetācijas periodā 55 kg $ha^{-1}$ 20 cm slānī, bet mazāko – graudaugi: vidēji 40 kg $ha^{-1}$ 20 cm slānī. Slāpekļa krājums augsnē atkarībā no augsnes granulometriskā sastāva bija augstāks smilšmāla augsnē, vidēji par 17 kg $ha^{-1}$ lielāks nekā mālsmilts augsnē.

Slāpekļa mēslojuma normas 50 kg $ha^{-1}$ un 100 kg $ha^{-1}$ būtiski palielināja graudu ražu salīdzinājumā ar nemēsloto variantu (attiecīgi par 0.58 un 0.81 t $ha^{-1}$ graudu), bet tālāka slāpekļa normas palielināšana būtisku graudu ražas pieaugumu nedeva. Vasaras kviešu ražu ietekmēja arī priekšaugs: lielākā graudu raža iegūta pēc kartupeļiem – par 0.4 – 0.7 t $ha^{-1}$ vairāk nekā audzējot kviešus pēc graudaugiem un zālaugiem. Vasaras kviešu audzēšanai piemērotāka izrādījās mālsmilts augsne: šeit iegūta par 0.27 – 0.40 t $ha^{-1}$ lielāka graudu raža nekā smilšmāla augsnē.

Aprēķinātās optimālās slāpekļa mēslojuma normas parādīja, ka vasaras kviešiem slāpekļa mēslojuma normu ir nepieciešams diferencēt gan pēc priekšauga, gan arī pēc augsnes granulometriskā sastāva, jo optimālā slāpekļa norma pēc graudaugiem bija 133 kg $ha^{-1}$ N, pēc kartupeļiem – 92 kg $ha^{-1}$, pēc zālaugiem – 68 kg $ha^{-1}$ N, bet smilšmāla augsnē tā bija 103 kg $ha^{-1}$ N un mālsmilts augsnē – 92 kg $ha^{-1}$ N.

Abas salīdzinātās slāpekļa optimizēšanas metodes ir piemērotas lietošanai noteiktos apstākļos. Slāpekļa diagnostikas metode (ar difenilamīnu) lietojama slāpekļa mēslojuma normas koriģēšanai kviešu veģetācijas laikā uz lauka, bet optimālā mēslojuma aprēķinu metode ir izmantojama slāpekļa mēslojuma normatīvu izstrādei, apkopojot daudzu sērijveida izmēģinājumu rezultātus.

Par pētījumu rezultātiem ziņots 12 konferencēs un semināros t. sk. 6 starptautiskas nozīmes. Pētījumu rezultāti atspoguļoti 6 zinātniskās, starptautiskās publikācijās. Darba rezultāti popularizēti 3 izstādēs.

Tab. 18, att. 60, bibl. 183 nos., piel. 46.

# A N N O T A T I O N

The aim was to clarify the main regularities of optimal nitrogen fertilizer rate for the spring wheat depending on the pre – crops and grading composition of soil and their interaction.

The objectives of the research were to search the increasing nitrogen fertilizer effects upon the spring wheat grain yield depending both on the pre – crops and grading composition of soil, and taking into account the nitrogen content within the plants and the soil during the plant vegetation period; to clarify the optimal nitrogen fertilizer norms, and to evaluate their detection methods, depending on the spring wheat pre – crops and the soil texture; to clarify the changes within the spring wheat grain quality.

For the nitrogen fertilizer efficiency determination aims in 1999 to 2001 within Skriveri sandy loam and loam soil there were arranged 17 field trials with spring wheat, after cereals, potatoes and grasses. Tested seven nitrogen fertilizer rates: 0; 50; 100; 150; 200; 250 kg $ha^{-1}$ N and based upon diphenylamine test. The loam soil's agrochemical characteristics: pH KCl 6.3, the organic matter content of 23.0 g $kg^{-1}$ (Tjurin's method); phosphorus $P_2O_5$ – 100 mg $kg^{-1}$ (DL – method), potassium $P_2O_5$ – 135 mg $kg^{-1}$ (DL – method). The sandy loam soil's agrochemical characteristics: pH KCl 5.7, the organic matter content of 22.0 g $kg^{-1}$, phosphorus $P_2O_5$ – 142 mg $kg^{-1}$, potassium – 92 mg $kg^{-1}$.

Most of the nitrogen stock within the topsoil was provided by the grass: during the vegetation period on average 55 kg $ha^{-1}$ within a 20 cm layer, and the smaller part – by cereal: on average 40 kg $ha^{-1}$ within a 20 cm layer. The nitrogen stock within the soil depending on the soil texture, on average, within the loam soil was 17 kg $ha^{-1}$ higher than within sandy loam.

The nitrogen fertilizer, 50 kg $ha^{-1}$, 100 un 150 kg $ha^{-1}$, significantly increased the grain yield of the spring wheat, correspondingly, 0.58, 0.81 0.83 t $ha^{-1}$ of grain, but further nitrogen enlargement did not significantly increase the grain yield. The pre – crops affected the spring wheat yield as well: the highest grain yield obtained after the potatoes was about 0.4 – 0.7 t $ha^{-1}$ higher than after the cereals or the grasses. For the spring wheat more suitable was the sandy loam soil: then grain yield was 0.27 to 0.40 t $ha^{-1}$ higher than gained from the loam.

Established optimal nitrogen rates showed that spring wheat nitrogen fertilizer rates need to be differentiated both at precrop, as well as grading composition of soil, as the optimum nitrogen rate after cereals was 133 kg $ha^{-1}$ N, after potato - 92 kg $ha^{-1}$, after grasses – 68 kg $ha^{-1}$ N, but in the loam soil was 103 kg $ha^{-1}$ N and in the sandy loam soil – 92 kg $ha^{-1}$ N.

Both compared nitrogen optimization methods are suitable for use in certain conditions. Nitrogen diagnostic method (with diphenylamine) have to be used to determine nitrogen fertilizer rates during growth period of wheat, but the optimum fertilizer calculation method have to be used for the development of nitrogen fertilizer regulations after summarization of many series experimental results.

The research results have been presented at 12 conferences and seminars including 6 internationally significant events. The chief research results have been used at 6 international scientific publications. The results of work have been popularized at 3 exhibitions as well.

The volume of the work is 138 pp., 60 pictures, 18 tables, 183 sources and 46 appendixes.

# S A T U R S


IEVADS 10
1 . LITERATŪRAS APSKATS 12
1.1. Slāpekļa nozīme augu dzīvē 12
1.2. Slāpeklis augsnē un tā dinamika 14
1.2.1. Slāpekļa saturs un avoti 14
1.2.2. Slāpekļa aprite augsnē 18
1.3. Slāpekļa mēslojuma lietošana un tā ietekme uz kviešu ražu 21
1.3.1. Slāpekļa satura izmaiņas kviešu augos 21
1.3.2. Priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekme uz graudu ražu 23
1.3.3. Kviešu ražas izmaiņas slāpekļa ietekmē 25
1.3.4. Slāpekļa mēslojuma ietekme uz vasaras kviešu ražas kvalitāti 26
1.4. Slāpekļa mēslojuma normu un lietošanas laika optimizācija kviešiem 28
1.4.1. Slāpekļa mēslojuma efektivitāte 29
1.4.2. Slāpekļa mēslojuma optimizācija un to ietekmējošie faktori 31
1.4.3. Dažādas metodes slāpekļa mēslojuma normu noteikšanai 33
1.4.4. Slāpekļa mēslojuma optimizācija Latvijā 37
2 . MATERIĀLI UN METODES 44
2.1. Izmēģinājuma vieta un klimatiskie apstākļi 44
2.2. Izmēģinājumu apraksts 46
2.2.1. Slāpekļa mēslojuma varianti 48
2.2.2. Izmēģinājumu augsnes 49
2.2.3. Priekšaugi 53
2.3. Augsnes un augu paraugu ņemšana 54
2.4. Augsnes un augu paraugu analīze 55
2.5. Eksperimentālo datu apstrāde 56
3 . REZULTĀTI UN DISKUSIJA 57
3.1. Minerālais slāpeklis augsnē augu veģetācijas periodā 57
3.1.1. Minerālā slāpekļa $N_{min}$ nodrošinājums augsnē 57
3.1.2. Augsnes granulometriskā sastāva un priekšaugu ietekme uz $N_{min}$ saturu augsnē 59
3.2. Slāpekļa savienojumu dinamika augos veģetācijas periodā 62
3.2.1. Kopslāpekļa satura izmaiņas augos smilšmāla augsnē 62
3.2.2. Kopslāpekļa satura izmaiņas augos mālsmilts augsnē 63
3.2.3. Kopslāpekļa satura izmaiņas augos slāpekļa mēslojuma ietekmē 64
3.3. Slāpekļa mēslojuma ietekme uz slāpekļa saturu augsnē un augos 67
3.4. Vasaras kviešu graudu raža 69
3.4.1. Slāpekļa mēslojuma ietekme uz ražu 71
3.4.2. Augsnes granulometriskā sastāva un slāpekļa ietekme uz ražu 72
3.4.3. Priekšaugu un slāpekļa ietekme uz ražu 73
3.5. Aprēķinātais ekonomiski optimālais slāpekļa mēslojums 77
3.6. Vasaras kviešu graudu kvalitāte 83
3.6.1. Tūkstots graudu masa 84
3.6.2. Graudu tilpummasa 86
3.6.3. Lipekļa saturs 89
3.6.4. Lipekļa kvalitāte 92
3.6.5. Lipekļa hidratācijas spēja 95
3.6.6. Krišanas skaitlis 98

3.6.7. Kopproteīna satura izmaiņas graudos 101
3.6.8. Kopproteīna saturs graudos pie aprēķinātā ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma 105
3.6.9. Diagnostikas varianta graudu kvalitāte 110
3.7. Slāpekļa saturs salmos 111
3.8. Slāpekļa bilance un efektivitāte 114
3.9. Slāpekļa mēslojuma optimizācijas variantu izvērtējums 120
SECINĀJUMI 124
PATEICĪBAS 125
INFORMĀCIJAS AVOTI 126
PIELIKUMI 138

# ATTĒLU SARAKSTS


1.1. att. "Mazais" un "Lielais" slāpekļa aprites loks. 16
2.1. att. Izmēģinājumu lauku atrašanās vietas 1999. – 2001. g. 44
2.2. att. Vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums no 1999. līdz 2001. gadam salīdzinājumā ar ilggadīgiem novērojumiem (LVĢMA). 45
2.3. att. Izmēģinājumu variantu izvietojuma shēma. 47
3.1. att. Vasaras kviešu nodrošinājums ar $N_{min}$ augsnes slānī 0 – 20 cm veģetācijas periodā, kg N $ha^{-1}$ (vid. 2000. – 2001. g.). 58
3.2. att. $N_{min}$ satura izmaiņas dažāda granulometriskā sastāva augsnēs variantā bez slāpekļa mēslojuma, mg $kg^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.). 60
3.3. att. Kopslāpekļa dinamika augos smilšmāla augsnē bez slāpekļa mēslojuma, g $kg^{-1}$ sausnē (vid. 1999. – 2001.g.). 63
3.4. att. Kopslāpekļa dinamika augos mālsmilts augsnē bez slāpekļa mēslojuma, g $kg^{-1}$ sausnē (vid. 1999. – 2001.g.). 64
3.5. att. Kopslāpekļa saturs augu sausnā pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē, g $kg^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.). 65
3.6. att. Kopslāpekļa saturs augu sausnā slāpekļa mēslojuma, priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekmē, g $kg^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.). 66
3.7. att. $N_{min}$ saturs mS augsnē, mg $kg^{-1}$ un kopslāpekļa saturs augos EC 69, g $kg^{-1}$ sausnes. 68
3.8. att. $N_{min}$ saturs sM augsnē, mg $kg^{-1}$ un kopslāpekļa saturs augos EC 69, g $kg^{-1}$ sausnes. 68
3.9. att. Vasaras kviešu graudu ražas pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē, t $ha^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.). 71
3.10. att. Vasaras kviešu graudu ražas augsnes granulometriskā sastāva ietekmē, t $ha^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.). 73
3.11. att. Vasaras kviešu graudu raža priekšaugu ietekmē, t $ha^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.). 74
3.12. att. Lineārās sakarības vasaras kviešu graudu ražai pēc zālaugiem. 76
3.13. att. Lineārās sakarības graudu ražai pēc raudaugiem. 76
3.14. att. Lineārās sakarības vasaras kviešu graudu ražai pēc kartupeļiem. 77
3.15. att. Vasaras kviešu graudu ražas regresijas līkne mālsmilts augsnē pēc graudaugiem. 78
3.16. att. Vasaras kviešu graudu ražas regresijas līkne mālsmilts augsnē pēc kartupeļiem. 78
3.17. att. Vasaras kviešu graudu ražas līkne mālsmilts augsnē pēc zālaugiem. 79
3.18. att. Vasaras kviešu graudu ražas regresijas līkne smilšmāla augsnē pēc graudaugiem. 80
3.19. att. Vasaras kviešu graudu ražas regresijas līkne smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem. 81
3.20. att. Vasaras kviešu graudu ražas regresijas līkne smilšmāla augsnē pēc zālaugiem. 81
3.21. att. Tūkstots graudu masa, g (vid. 1999.-2001. g.). 84
3.22. att. Tūkstots graudu masa mālsmilts augsnē, g (vid. 1999. – 2001. g.). 85
3.23. att. Tūkstots graudu masa smilšmāla augsnē, g (vid. 1999. – 2001. g.). 86
3.24. att. Graudu tilpummasa dažādās augsnēs, g $L^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.). 87
3.25. att. Graudu tilpummasa, g $L^{-1}$ (vidēji 1999. – 2001. g.). 88
3.26. att. Graudu tilpummasa mālsmilts augsnē, g $L^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.). 88
3.27. att. Graudu tilpummasa smilšmāla augsnē, g $L^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.). 89

3.28. att. Lipekļa saturs graudos, % (vid. 1999. – 2001. g.). 90
3.29. att. Lipekļa saturs dažādās augsnēs, % (vid. 1999. – 2001. g.). 91
3.30. att. Lipekļa saturs graudos mālsmilts augsnē, % (vid. 1999 – 2001. g.). 91
3.31. att. Lipekļa saturs graudos smilšmāla augsnē, % (vid. 1999. – 2001. g.). 92
3.32. att. Lipekļa indekss mālsmilts augsnē (vid. 1999. – 2001. g.). 93
3.33. att. Lipekļa indekss smilšmāla augsnē (vid. 1999. – 2001. g.). 94
3.34. att. Lipekļa hidratācijas spēja mālsmilts augsnē, % (vid. 1999 – 2001. g.). 96
3.35. att. Lipekļa hidratācijas spēja smilšmāla augsnē, % (vid. 1999. – 2001. g.). 97
3.36. att. Krišanas skaitlis dažādās augsnēs, s (vid. 1999. – 2001. g.). 99
3.37. att. Krišanas skaitlis mālsmilts augsnē, s (vid. 1999. – 2001. g.). 100
3.38. att. Krišanas skaitlis smilšmāla augsnē, s (vid. 1999. – 2001. g.). 100
3.39. att. Kopproteīna saturs graudos mS un sM augsnēs, % (vid. 2000. –2001. g.). 102
3.40. att. Kopproteīna saturs graudos pēc dažādiem priekšaugiem, % (vid. 2000. – 2001. g.). 103
3.41. att. Kopproteīna saturs graudos, vidēji 2000. – 2001. g., %. 104
3.42. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos mālsmilts augsnē pēc kartupeļiem, % (vid. 2000. – 2001.g.). 106
3.43. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos mālsmilts augsnē pēc zālaugiem, % (vid. 2000. – 2001.g.). 107
3.44. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos mālsmilts augsnē pēc graudaugiem, % (vid. 2000. – 2001.g.). 107
3.45. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem, % (vid. 2000. – 2001.g.). 108
3.46. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos smilšmāla augsnē pēc zālaugiem, % (vid. 2000. – 2001.g.). 109
3.47. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos smilšmāla augsnē pēc graudaugiem, % (vid. 2000. – 2001.g.). 110
3.48. att. Slāpekļa saturs salmos slāpekļa mēslojuma ietekmē, g $kg^{-1}$. 112
3.49. att. Slāpekļa saturs salmos, g $kg^{-1}$ vid. 2000. – 2001.g. 113
3.50. att. Slāpekļa N iznese ar graudiem un salmiem slāpekļa mēslojuma ietekmē. 115
3.51. att. N iznese ar graudiem un salmiem pēc dažādiem priekšaugiem, kg $ha^{-1}$ N. 116
3.52. att. Slāpekļa bilance vasaras kviešos mālsmilts augsnē, N kg $ha^{-1}$. 118
3.53. att. Slāpekļa bilance vasaras kviešos smilšmāla augsnē, N kg $ha^{-1}$. 119
3.54. att. Optimālo graudu ražu atšķirības pēc dažādiem priekšaugiem, t $ha^{-1}$. 121
3.55. att. Optimālo slāpekļa mēslojuma normu atšķirības pēc dažādiem priekšaugiem. 122
3.56. att. Slāpekļa N bilance augsnē pielietojot slāpekļa diagnostikas un aprēķinu metodes, kg $ha^{-1}$. 123

## TABULU SARAKSTS

1.1. tab. Augsnes dziļuma ietekme uz slāpekļa zudumu denitrifikācijas rezultātā 18
1.2. tab. Slāpekļa mēslojuma devas palielināšanas ietekme uz N izskalošanos 20
1.3. tab. Minerālmēslu slāpekļa sadalījums augsnē 29
2.1. tab. Slāpekļa mēslojuma varianti 1999. – 2001. g. 48
2.2. tab. Slāpekļa mēslojuma otrā un kopējā deva diagnostikas variantā 49
2.3. tab. Augšņu agroķīmiskie rādītāji, vidēji 1999. – 2001. g. (0 – 20 cm) 50
2.4. tab. Augšņu granulometriskais sastāvs, % 50

| | | |
|---|---|---|
| 3.1. tab. | $N_{min}$ satura izmaiņas dažādos augsnes dziļumos priekšaugu ietekmē variantā bez slāpekļa mēslojuma, mg $kg^{-1}$ | 61 |
| 3.2. tab. | Augu un augsnes slāpekļa satura savstarpējā korelācija pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē | 69 |
| 3.3. tab. | Vasaras kviešu graudu ražas, vidēji 1999. – 2001. g. | 70 |
| 3.4. tab. | Vasaras kviešu veldrēšanās pakāpe, vidēji 1999. – 2001. g. | 72 |
| 3.5. tab. | Vasaras kviešu audzēšanas optimālie rādītāji dažādos audzēšanas apstākļos | 82 |
| 3.6. tab. | Lipekļa kvalitātes grupa, vidēji 1999.– 2001. g. | 95 |
| 3.7. tab. | Vasaras kviešu graudu kvalitāte slāpekļa diagnostikas variantā | 111 |
| 3.8. tab. | Slāpekļa mēslojuma izmantošanās mālsmilts augsnē, % | 116 |
| 3.9. tab. | Slāpekļa mēslojuma izmantošanās smilšmāla augsnē, % | 117 |
| 3.10. tab. | Slāpekļa mēslojuma agronomiskā efektivitāte | 119 |
| 3.11. tab. | Slāpekļa mēslojuma optimizācijas variantu salīdzinājums | 120 |

# S A Ī S I N Ā J U M I

| | |
|---|---|
| att. | attēls |
| $CO_2$ | ogļskābā gāze |
| DAAC | Dānijas Lauksaimniecības konsultāciju centrs |
| et al | un citi (angļu val.) |
| FAO | Pārtikas un Lauksaimniecības organizācija (*Food and Agriculture Organization)* |
| g. | gads |
| $K_2O$ | kālijs |
| LLKC | Latvijas Lauku Konsultāciju un Izglītības centrs |
| LLU | Latvijas Lauksaimniecības Universitāte, |
| lpp. | lappuses |
| LR | Latvijas Republika |
| LVĢMC | Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs |
| MK | Ministru kabinets |
| mS | mālsmilts augsne |
| N | slāpeklis |
| $N_{min}$ | minerālais slāpeklis augsnē ($N\text{-}NO_3$ + $N\text{-}NH_4$) |
| Nr. | numurs |
| $\eta^2$ | faktora ietekmes īpatsvars, % |
| $O_2$ | skābeklis |
| P | varbūtība |
| PAK | Pasaules Augšņu Klasifikators |
| $P_2O_5$ | fosfors |
| $RS_{0.05}$ | kritiskā robežstarpība ar 95 % ticamību |
| Sig. | nozīmība (significance) |
| sM | smilšmāla augsne |
| tab. | tabula |
| TGM | tūkstots graudu masa |
| vid. | vidēji |
| Vol. | Sējums (angļu val.) |
| ZZI | Zemkopības zinātniskais institūts |

# I E V A D S

Slāpekļa mēslojuma optimizācija ir sarežģīts process, jo to ietekmē daudzi biotiski un abiotiski faktori. Latvijā slāpekļa aprites likumsakarības augsnē un laukaugos vēl nav pietiekoši izpētītas. Citās valstīs izstrādātās slāpekļa mēslojuma optimizācijas shēmas Latvijas agroklimatiskajos apstākļos nav precīzas, tās nepieciešams pārbaudīt un pielāgot. Savukārt lauksaimnieki vēlas, lai piedāvātās slāpekļa mēslojuma normas noteikšanas shēmas būtu ar augstu ticamības pakāpi, vienkāršas un to pielietošana nodrošinātu:

- racionālu slāpekļa mēslojuma izlietošanu;
- maksimāli ekonomiski izdevīgas ražas ieguvi;
- ražas kvalitātes nodrošināšanu;
- minimālu ekoloģisko risku.

Latvijā lauksaimniecībā izmantojamajām zemēm ir liela augsnes īpašību dažādība. Tā radusies gan augsnes veidošanās gaitā, gan antropoloģiskās ietekmes rezultātā. Parasti daļa lauksaimnieku konkrētu laukaugu mēslošanai visos laukos lieto vienādas mēslojuma normas, kas gan no ekonomiskā, gan no ekoloģiskā viedokļa ir vērtējams negatīvi. Visbiežāk slāpekļa mēslojuma normas tiek plānotas orientējoties uz saimniecības vidējo laukaugu ražību, kā rezultātā daļā lauku nepietiekoša mēslojuma gadījumā augu ražas potenciāls netiek pilnīgi izmantots, vai arī otrādi – lietojot pārmērīgi daudz slāpekļa mēslojumu vietās, kur vajadzība pēc tā nav tik liela, nevajadzīgi tiek piesārņota vide. Tāpēc diferencētai laukaugu mēslošanai ir liela nozīme. (Engel, 1996; Ostergaard, Knudsen, 1996).

Slāpekļa mēslojuma vajadzības noteikšana pirmajā acumirklī šķiet vienkārša problēma, bet, aplūkojot to rūpīgāk, rodas virkne neskaidru jautājumu. Optimālā slāpekļa mēslojuma norma ir vairāku savā starpā saistītu, mainīgu procesu rezultāts (Petersen, 2001). Īpaši tas attiecināms uz slāpekli jutīgu kultūraugu – vasaras kviešiem.

Latvijā optimālā slāpekļa mēslojuma norma līdz mūsu pētījumu uzsākšanai tika noteikta ņemot vērā slāpekļa iznesi ar plānoto ražu, organiskās vielas saturu augsnē, iestrādāto organisko mēslojumu un citus faktorus (Labas ..., 1999).

Eiropas Savienības valstīs jau vairākus gadus tiek lietoti detalizēti izstrādāti slāpekļa mēslojuma normatīvi atkarībā no kultūraugu audzēšanas apstākļiem. Latvijā slāpekļa minerālmēslu normas diferencēšana atkarībā no priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva ir aktuāls jautājums. Līdzšinējos pētījumos nepietiekoša uzmanība veltīta optimālās slāpekļa normas noteikšanai atkarībā no priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva mijiedarbības. Par šīs problēmas aktualitāti liecina arī publikācijas, kurās norādīts, ka smilšmāla un māla augsnēs, it īpaši labi iekultivētās, pie vienādiem citiem apstākļiem (priekšaugs, organiskais mēslojums u.c.) augsnes minerālā slāpekļa krājumi parasti ir krietni lielāki nekā smilts vai mālsmilts augsnēs. Tādēļ līdzīga kultūraugu ražas līmeņa nodrošināšanai smaga granulometriskā sastāva augsnēs jādod mazāk slāpekļa mēslojums nekā vieglās augsnēs (Timbare, Bušmanis, 2000).

Līdz šim Latvijā šāda tipa jautājumi netika pētīti kompleksi. Tika pētīta vai nu mēslošanas un vasaras kviešu izsējas normas un šķirņu (Sīviņš, Pogulis, 1996.), vai nu priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva (Lejiņa, 1965; Špoģis, 1974), vai mēslošanas un augsnes iekultivēšanas pakāpes (Anspoks, 1979) ietekme uz graudaugu ražību un/vai tās kvalitāti.

Daudzās valstīs tiek izmantotas speciālas datorprogrammas, ar kuru palīdzību aprēķina optimālo slāpekļa normu. Tāpēc diferencētu slāpekļa mēslojuma normu noteikšana atkarībā no dažādiem apkārtējās vides faktoriem Latvijā kļūst arvien aktuālāka.

Ņemot vērā iepriekš teikto, tika izvirzīta **pētījumu hipotēze**: optimālo slāpekļa mēslojuma normu vasaras kviešiem ietekmē priekšaugi un augsnes granulometriskais sastāvs, kā arī to mijiedarbība.

**Darba mērķis** bija precizēt slāpekļa mēslojuma optimālās normas noteikšanu vasaras kviešiem atkarībā no priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva.

**Darba uzdevumi**:

1. pētīt pieaugošu slāpekļa minerālmēslu normu ietekmi uz vasaras kviešu graudu ražu atkarībā no priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva, ņemot vērā slāpekļa savienojumu saturu gan augos, gan augsnē augu veģetācijas laikā;
2. pēc iegūtajiem rezultātiem noskaidrot optimālo slāpekļa minerālmēslojuma normu izmēģinājumos un vērtēt tās noteikšanas metodes vasaras kviešiem atkarībā no priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva;
3. skaidrot vasaras kviešu graudu kvalitatīvo rādītāju izmaiņas atkarībā no slāpekļa mēslojuma normas, priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva.

**Pētījumu novitāte.**

1. Skaidrota slāpekļa minerālmēslu, priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva savstarpējās iedarbības efektivitāte vasaras kviešu sējumos.
2. Lauka izmēģinājumos noteikta optimālā slāpekļa minerālmēslojuma norma vasaras kviešiem pēc kartupeļiem, zālaugiem un graudaugiem mālsmilts un smilšmāla augsnē izmantojot divas atšķirīgas metodes, kā arī veikts šo metožu novērtējums.
3. Noskaidrota pieaugoša slāpekļa mēslojuma, priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva mijiedarbības ietekme uz vasaras kviešu graudu ražu un tās kvalitātes rādītājiem.

**Iegūto rezultātu aprobācija un praktiskais pielietojums.**

Par pētījumu rezultātiem ziņots 12 konferencēs un semināros t. sk. 6 starptautiskas nozīmes. Galvenie pētījumu rezultāti ir apkopoti 8 zinātniskās un populārzinātniskās publikācijās, t. sk. 6 starptautiskās. Darba rezultāti popularizēti arī 3 izstādēs.

Izmēģinājumu rezultāti izmantoti Zemkopības zinātniskā institūta Lauku dienās, Latvijas Radio raidījuma "Lauku ļaudīm" veidošanā, televīzijā, Latvijas Lauksaimniecības universitātes studentu apmācībai, kā arī Latvijas Lauku Konsultāciju un Izglītības centra (LLKC) informācijas materiālos.

Pētījumu rezultāti izmantoti Latvijas minerālmēslu lietošanas normatīvu izstrādei. Promocijas darba rezultāti izmantoti Latvijas – Dānijas kopprojektā "Minerālmēslu un kūtsmēslu normatīvu uzlabošana Latvijā", kura rezultātā 2002. gadā tika izdoti mēslošanas un kūtsmēslu lietošanas normatīvi Latvijā.

Agroķīmisko pētījumu centrā izveidota lauka izmēģinājumu datu bāze, kurā ievietoti arī šo izmēģinājumu rezultāti. Datu bāzes informācija tiek izmantota slāpekļa minerālmēslu lietošanas normatīvu pilnveidošanai ar mērķi paaugstināt produkcijas konkurētspēju un samazināt vides piesārņojumu ar slāpekļa savienojumiem saskaņā ar ES Nitrātu direktīvas prasībām un HELCOM rekomendācijām.

Pētījumu rezultāti izmantoti arī Latvijas Zinātnes Padomes finansēto zinātnisko projektu "Augsnes auglības optimizācijas modeļu izstrāde, izmantojot un papildinot ilggadīgo stacionāru datu bāzi" un "Augu barības elementu aprites pētījumi atbilstoši Labas Lauksaimniecības Prakses principiem" izstrādē.

Par darbu "Slāpekļa mēslojuma optimizācija vasaras kviešiem" 2002. gadā saņemta LR Zemkopības ministrijas konkursa "Sējējs" veicināšanas balva.

# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Slāpekļa nozīme augu dzīvē

Slāpeklim sevišķi liela loma ir lauksaimniecības kultūraugu ražības celšanā. D. Prjaņišņikovs pamatoti apgalvoja, ka visa Rietumeiropas zemkopības vēsture liecina par to, ka galvenais ražu vidējo lielumu noteicošais faktors dažādos laikmetos bijis lauksaimniecības augu nodrošinātības pakāpe ar slāpekli. Ievērojamais padomju mikrobiologs V. Omeļjanskis uzskata, ka slāpeklis no vispārbioloģiskā viedokļa ir vērtīgāks nekā visretākie no cēlmetāliem (Žeželis, Panteļejeva, 1968).

Augos slāpeklis ietilpst olbaltumvielu, peptonu, polipeptīdu, amīdu (asparagīna), aminoskābju, hlorofila, fermentu, toksīnu, antitoksīnu, vitamīnu un citu savienojumu sastāvā, kas ir protoplazmas galvenās sastāvdaļas ar lielu nozīmi vielu maiņā. Slāpeklis sastāda 16 – 18 % no olbaltumvielu masas (Riņķis, Ramane, 1989).

Kopējais slāpekļa daudzums dažādos augos un to orgānos ir atšķirīgs. Slāpekļa lielākā daļa ietilpst olbaltumvielu sastāvā. Visvairāk slāpekļa ir sēklās. Tā, piemēram, kviešos ir apmēram 3 % olbaltumvielu slāpekļa, bet zirņos ir 4 – 6 %.

Ja barības vidē trūkst slāpekļa, slāpekļa savienojumu daudzums augos samazinās, augi attīstās vāji, pie tam sevišķi vāji attīstās to veģetatīvā masa. Trūkstot slāpeklim, lapas zaudē savu dabisko zaļumu un sāk dzeltēt. Tas izskaidrojams ar to, ka slāpeklis ietilpst hlorofila sastāvā. Kad augs sāk izjust slāpekļa trūkumu, hlorofila veidošanās aizkavējas.

Ja augiem slāpekļa sāk trūkt, tas no vecajām lapām pārvietojas uz augšējām – jaunajām lapām un augšanas punktiem, tāpēc dzeltēšana sākas ar apakšējām lapām. Ziedpumpuru veidošanās un sēklu attīstība noris gausi. Daudziem augiem birst lapas un augļaizmetņi, izveidojas sēklas, kurās maz olbaltumvielu.

Ja augu barībā ir palielināts slāpekļa daudzums, izveidojas spēcīga, tumšzaļa lapotne, pastiprinās augšana un jaunu orgānu veidošanās, piemēram, uzlabojas cerošana, palielinās vārpiņu skaits kviešu vārpās. Šādi augi pastiprināti sintezē olbaltumvielas un ilgi saglabā dzīvotspēju, lapu novecošanās palēninās. Pārmērīgi liels slāpekļa nodrošinājums visā veģetācijas periodā var radīt nevēlamas sekas – pagarinās veģetācijas periods, aizkavējas augu nobriešana, graudaugiem samazinās graudu un salmu attiecība. Tātad slāpekļa minerālmēslu lietošanu nedrīkst pārspīlēt.

Pareizs slāpekļa barības režīms ievērojami palielina ražas un uzlabo iegūstamās lauksaimnieciskās produkcijas kvalitāti.

Galvenais slāpekļa barības avots augiem ir amonija sāļi un nitrāti. Amonija sāļu priekšrocības augu barošanās procesā, salīdzinājumā ar nitrātu sāļiem, atkarīgas no daudziem apstākļiem: no vides reakcijas, no citu katjonu klātbūtnes, no slāpekļa sāļu koncentrācijas augsnes šķīdumā, no vielu maiņas rakstura augos u.c. (Prjanišņikovs, 1963).

Slāpekli saturošās vielas augos sintezējas no neorganiskā slāpekļa un no bezslāpekļa organiskajām vielām.

Augos nokļuvis, nitrātu slāpeklis reducējas līdz amonjakam.

$$HNO_3 \rightarrow HNO_2 \rightarrow (HNO)_2 \rightarrow NH_2OH \rightarrow NH_3$$

nitrāti nitrīti hiponitrīts hidroksil – amīns amonjaks

Ja augos ir ogļhidrātu un organisko skābju rezerve vai tie veidojas nepārtraukti, amonija slāpeklis, ko augs saņem no augsnes (vai arī veidojas augos) aminoskābju un olbaltumvielu noārdīšanās rezultātā, savienojas ar organiskajām

skābēm. Ja šīs skābes nav pietiekamā daudzumā (piemēram, ja augos ir maz ogļhidrātu, sliktā apgaismojumā, pazeminātas elpošanas gadījumā un, ja augi saņem pārāk daudz slāpekļa, var notikt tā sauktā augu saindēšanās ar amonjaku.

No amonjaka augos veidojas aminoskābes un olbaltumvielas pēc šādas shēmas:

$$\underset{\text{(ābolskābe)}}{COOH\text{-}CH_2\text{-}CHOH\text{-}COOH} + NH_3 \rightarrow \underset{\text{(asparagīnskābe)}}{COOH\text{-}CH_2\text{-}CHNH_2\text{-}COOH} + H_2O$$

tālāk asparagīnskābe pievieno jaunu amonjaka devu:

$$\underset{\text{(asparagīnskābe)}}{COOH\text{-}CH_2\text{-}CHNH_2\text{-}COOH} + NH_3 \rightarrow \underset{\text{(asparagīnskābes amonija sāls)}}{COONH_4\text{-}CH_2\text{-}CHNH_2\text{-}COOH}$$

pēc tam ar fermenta asparaginā zes palīdzību atņemot ūdeni, izveidojas asparagīnskābes amīds – asparagīns:

$$\underset{\text{(asparagīnskābes amonija sāls)}}{COONH_4\text{-}CH_2\text{-}CHNH_2\text{-}COOH} \rightarrow \underset{\text{(asparagīns)}}{CONH_2\text{-}CH_2\text{-}CHNH_2\text{-}COOH} + H_2O$$

Asparagīns augos var uzkrāties lielā daudzumā bez kaitīgām sekām un noder par rezerves materiālu, no kura augi ņem nepieciešamo slāpekli. Asparagīna slāpekli augi turpmāk izmanto, lai pāraminējot izveidotu dažādas aminoskābes, bet no aminoskābēm savukārt veidojas olbaltumvielas (Žeželis, Panteļejeva, 1968).

Olbaltumvielu savienojumu veidošanās no amonjaka un organiskajām skābēm noris ar dažādu intensitāti dažādās augu daļās un orgānos. Jaunie auga orgāni un audi satur vairāk olbaltumvielu. Jauni augu orgāni spēj intensīvāk veidot olbaltumvielas nekā veci. Lapas satur vairāk olbaltumvielu nekā stumbri un saknes. Sevišķi daudz olbaltumvielu uzkrājas tauriņziežu un eļļas augu sēklās.

Dažādu sugu un šķirņu augi un atsevišķi augu orgāni satur olbaltumvielas dažādos daudzumos. Olbaltumvielu daudzums mainās atkarībā no auga vecuma un ārējās vides apstākļiem (augu barošanās ar minerālvielām, temperatūra, gaisma).

Augu olbaltumvielās ir 16 – 18 % slāpekļa, vidēji apmēram 16 %. Slāpeklis ir visu šūnu protoplazmas galvenā sastāvdaļa. Bez tam slāpeklis nepieciešams arī šūnu kodolvielas – nukleoproteīdu un hlorofila, kā arī dažu citu organisko vielu, piemēram, alkoloīdu un fosfatīdu uzbūvei. Nepietiekams slāpekļa daudzums augsnē kavē augu attīstību, bet sabalansēts slāpekļa mēslojums krasi uzlabo augu augšanu, palielina olbaltumvielu daudzumu lapās, stumbros, augļos, sēklās, saknēs, bumbuļos (Riņķis, Ramane, 1989).

Līdz ar olbaltumvielu sintēzi augos norisinās arī olbaltumvielu noārdīšanās procesi. Sēklām dīgstot, olbaltumvielas sašķeļas – norisinās hidrolīze. Kā hidrolīzes sākotnējie produkti veidojas aminoskābes un asparagīns, kuru daudzums augos palielinās. Pēc tam no aminoskābēm un asparagīna tiek atšķelts amonjaks, no kura turpmāk veidojas jauni slāpekli saturoši savienojumi.

Ar slāpekļa līdzdalību svarīgākajos dzīvības procesos izskaidrojama ievērojamā ražības celšanās slāpekļa mēslojuma ietekmē.

## 1.2. Slāpeklis augsnē un tā dinamika

No visiem augu barības elementiem par nozīmīgāko kultūraugu ražas līmeņa un kvalitātes veidošanā tiek uzskatīts slāpeklis, kas augu barošanās vidē ir viens no kustīgākajiem elementiem. Augsnes slāpekļa kustības cikls ir ļoti komplekss un ietver dažādas tā pārvērtības daudzveidīgos procesos un reakcijās starp augsnes savienojumiem, kuri satur slāpekli (Кулаковская, 1990; Панниов, Кулаковская, 1981; Steén, 2001).

### 1.2.1. Slāpekļa saturs un avoti

Slāpekļa saturs minerālaugsnēs var svārstīties robežās no 0.2 līdz 4 g $kg^{-1}$. Organiskās augsnēs slāpekļa (N) saturs var sasniegt līdz 50 g $kg^{-1}$. Tas attiecas uz aramkārtu 30 cm dziļumā, kad iespējamais slāpekļa krājums var svārstīties no 900 līdz 18 000 kg $ha^{-1}$. Pārsvarā tas atrodas robežās no 2 000 līdz 8 000 kg $ha^{-1}$. (Strum, Buchner, Zerulla, 1994; Bucher, Sturm, 1985).

G. Riņķis un H. Ramane noskaidrojuši, ka Latvijas velēnu podzolaugsnē slāpekļa saturs var svārstīties robežās no 0.4 līdz 1.3 g $kg^{-1}$ augsnes (Riņķis, Ramane, 1989). K. Brīvkalna un I. Gemstes pētītajos velēnu vāji un vidēji podzolēto augšņu profilos augsnes aramkārtā slāpekļa saturs svārstījās no 0.9 līdz 1.8 g $kg^{-1}$ augsnes. Līdzīgs slāpekļa saturs tika konstatēts arī velēnu podzolēto virspusēji un apakšēji glejoto augšņu profilos (Brīvkalns, Gemste, 1982).

Vairāk par 90 % no kopējā slāpekļa ir saistīts organiskajos savienojumos, un augi to var izmantot tikai pēc organisko savienojumu mineralizācijas, kuras rezultātā veidojas neorganiskie savienojumi un elementārais slāpeklis. Apmēram 20 – 40 % no kopējā slāpekļa augsnes virsējos horizontos ir aminoskābes, 5 – 10 % ir aminocukuri, pārējo augsnes organisko slāpekļa daļu sastāda olbaltumvielas un citas slāpekli saturošas vielas (Brīvkalns, Gemste, 1982). Tas ir arī augsnes biomasas sastāvā: baktēriju, sēņu un pat slieku biomasā. No tā izriet cieša sakarība ar oglekļa (C) saturu augsnē. C: N attiecības tīrumos sastāda 8 – 15: 1 un ir diezgan stabilas (Strum, Buchner, Zerulla, 1994).

Molekulārais jeb brīvais slāpeklis atrodas augsnes gaisā un augsnes šķīdumā (augsnes šķidrajā fāzē). Sausā augsnē slāpeklis adsorbēts uz augsnes cietajām daļiņām. Brīvo slāpekli var izmantot pākšaugi, kas saista to ar sakņu gumiņbaktērijām (Brīvkalns, Gemste, 1982).

Slāpekļa neorganiskie savienojumi augsnē atrodas jonu $NO_3^-$, $NH_4^+$, $NO_2^-$ veidā un gāzveida stāvoklī – $NH_3$, $NO_2$, NO. Praktiski svarīga ir $NH_3$ (amonjaka) saistība ar augsni, jo to lieto kā mēslojumu. Augsnes spēja adsorbēt $NH_3$ ir tieši proporcionāla organisko vielu daudzumam. Kūdru var piesātināt ar $NH_3$ tik lielā mērā, ka slāpekļa saturs tajā sasniedz pat 20 %.

Augi slāpekli uzņem galvenokārt jonu $NO_3^-$ un $NH_4^+$ veidā. Tā kā augsne ir maz piesātināta ar $NH_4^+$, augi $NH_4^+$ jonu uzņem mazāk nekā $NO_3^-$. Nitrāta jons atrodas tikai augsnes šķīdumā, koloīdi to parasti neadsorbē ne ķīmiski, ne fizikāli – ķīmiski, tāpēc tas ir ne tikai viegli uzņemams augiem, bet arī viegli izskalojams no augsnes (Brīvkalns, Gemste, 1982).

Kopumā augsnē slāpekļa ir ļoti maz. Tas pārsvarā ir Zemes atmosfēras slānī, kurā ir aptuveni $3.8 \times 10^{15}$ t $N_2$. No atmosfēras tas tad arī dažādos ceļos nonāk augsnē.

Pirmais process ir bioloģiska $N_2$ saistīšana. To veic prokarioti, jo to organismos ir enzīms – nitrogenāze. Augsnē brīvi dzīvojošie slāpekļa saistītāji saista tikai nelielu

daudzumu no kopējā augsnes slāpekļa. Augu asociācijas ar tiem dod augstāku un simbiotiski vērtīgāku slāpekļa uzkrājumu, kas ir saistīts ar energoietilpīgu procesu $N_2$ saistīšanai ar nitrogenāzes palīdzību. To var formulēt šādi (Strum, Buchner, Zerulla, 1994):

$$N_2 + 6e^- + 6H^+ \rightarrow 2NH_3 \ (\Delta G^\circ = +1\ 600 \text{ līdz } +1\ 900 \text{ kJ})$$

Turklāt visiem mikroorganismiem nepieciešams labs nodrošinājums ar organiskiem oglekļa savienojumiem, kurus mikroorganismi vislabāk iegūst dzīvojot simbiozē ar zaļajiem augiem. Minerālmēslu slāpekļa aizvietošanai tieši izmantojams un atbilstoši vērtīgs ir vienīgi simbiotiski saistītais slāpeklis. Šajā gadījumā ir svarīgi sekojoši pasākumi:

- tauriņziežu sēklas materiāla apstrāde ar piemērotu gumiņbaktēriju preparātu, ja attiecīgais kultūraugs dotajā laukā nav audzēts ilgāk par sešiem gadiem;
- labs tauriņziežu nodrošinājums ar Fe, Mo un Co, jo minētie elementi ir nitrogenāzes sastāvā;
- slāpekļa mēslojuma normu samazināšana ar sekojošiem izņēmumiem: sīksēklainiem tauriņziežiem bez sēklapvalka slāpekļa mēslojums jāsaņem sējas laikā, lai nodrošinātu jauno augu strauju attīstību.

Otrs veids, kā slāpeklis nonāk augsnē no atmosfēras, ir ar nokrišņiem. Nokrišņi satur slāpekļskābi, kas veidojusies no slāpekļa oksīdiem. Liela nozīme ir arī fosilās degvielas (kurināmā) izmantošanai un zibens elektriskajiem impulsiem. No šiem avotiem slāpeklis augsnē nonāk apmēram 20 kg $ha^{-1}$ gadā.

Trešais slāpekļa avots augsnē ir mēslojums. Ar minerālmēsliem augsnē vairāk nonāk amīdi, amonija – $NH_4^+$ un nitrātu – $NO_3^-$ joni, amonjaks. Ar organisko mēslojumu augsnē nonāk arī dažādi organiski savienojumi, kurus mikroorganismi augsnē sadala līdz $NH_4^+$ jonam.

Amonifikācija – slāpekli saturošo organisko vielu sadalīšana līdz amonjakam. To veic aerobās un anaerobās baktērijas un sēnes, un tas noris jebkuros augsnes apstākļos.

$$\text{Humuss--- R - } NA_2 + H_2O \longrightarrow NH_3 + \text{R - OH}$$
$$NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4^+ + OH^- \text{ (Bucher, Sturm, 1985)}$$

Ja C:N attiecība augsnē ir lielāka par 20:1, mikroorganismi konkurē ar augiem par augsnē esošo vai arī ar mēslojumu iestrādāto slāpekli. Mikroorganismi tad cieš no slāpekļa trūkuma un samazina savu aktivitāti. Tikai pie C:N attiecības 12:1 augsnē tiek atbrīvots brīvais slāpeklis. Klimatisko un augsnes apstākļu ietekmē augiem tādā veidā var būt izmantojams 1 – 2 % no kopējā slāpekļa daudzuma augsnē (Bucher, Sturm, 1985).

Amonifikācijas rezultātā pakāpeniski atbrīvojas augiem pieejamais slāpeklis. Tas, protams, neatbilst kultūraugu vajadzībām, jo pavasarī, kad augam vajadzīgs slāpeklis, tā ir par maz, bet vēlāk, kad augs beidzis veģetēt, amonifikācijas process turpina darboties.

Nitrifikācija – amonjaka oksidēšana par slāpekļskābi. To veic dažādi mikroorganismi.

Amonifikācijas procesā izveidotais amonjaks, enerģijas iegūšanas nolūkā, tiek ātri pārveidots nitrātos. Šis process notiek divu autotrofo baktēriju grupu pavadībā:

- amonijs nitrosomu *(Nitrosomonas* spp. W.*)* ietekmē tiek pārveidots nitrītā ($NO_2^-$)

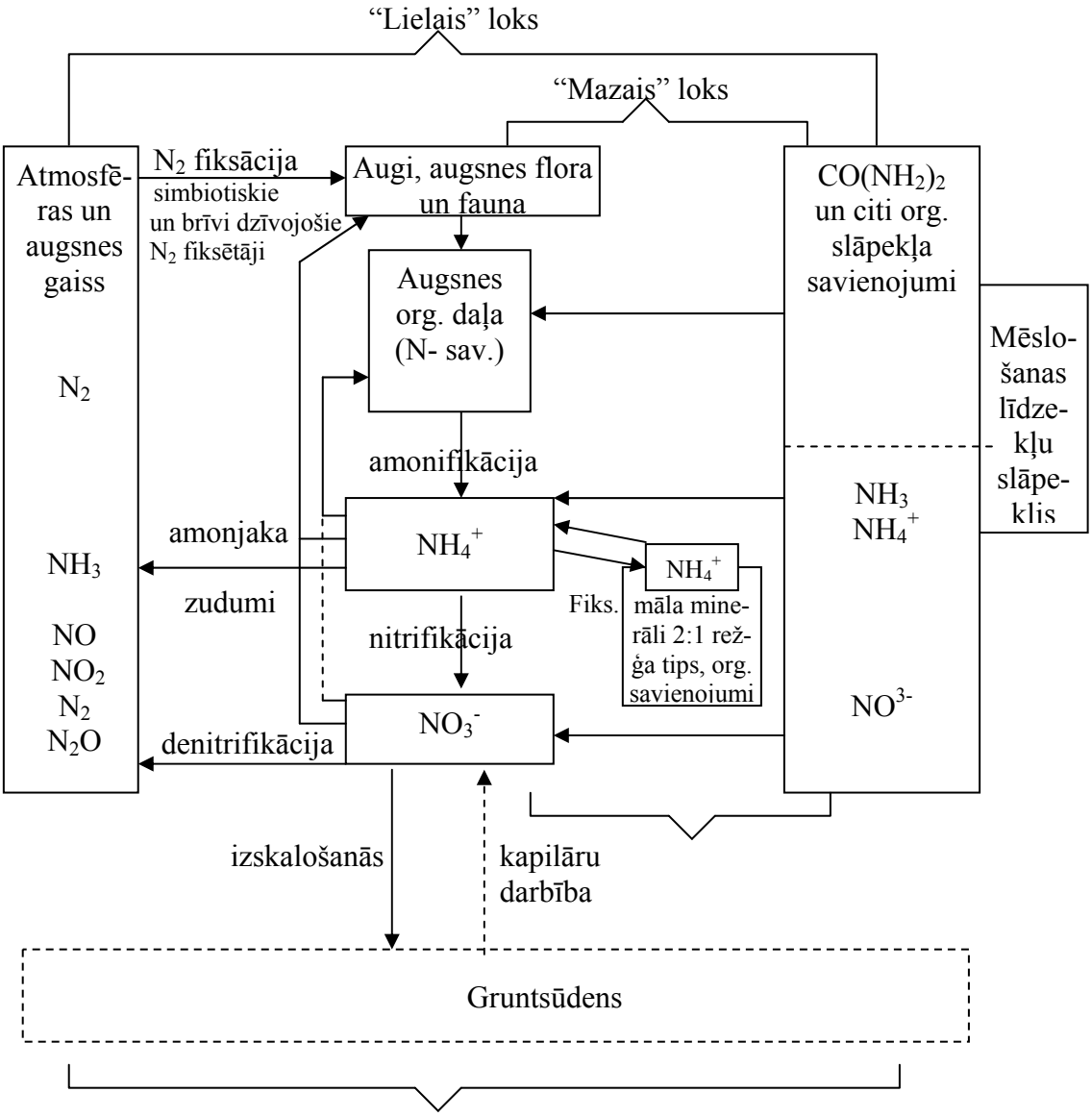
$$2\ NH_4^+ + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ NO_2^- + 2\ H_2O + 4\ H^+$$

- no nitrīta ar nitrobaktēriju *(Nitrobacter* spp. W.*)* palīdzību veidojas nitrāti ($NO_3^-$)

$$2\ NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2\ NO_3^-$$ (Bucher, Sturm, 1985)

Abas mikroorganismu grupas savā starpā sadarbojas, bet nitrītu tiem parasti nekad nepietiek. Nitrifikācijas baktēriju darbībai optimāla ir neitrāla vides reakcija. Ja augsnes reakcija ir zem pH 6.0, nitrifikācija strauji samazinās. Arī zema augsnes temperatūra (zem 6 – 7 °C) strauji samazina nitrifikācijas procesus. Taču arī pie 0 °C ir novērots nitrifikācijas process. Nitrosomu *(Nitrosomas* spp. W.*)* darbības rezultātā veidojas $H^+$, kas paskābina augsnes reakciju.

1. attēls ataino slāpekļa avotus un to dinamiku augsnē.




1.1. att. "Mazais" un "Lielais" slāpekļa aprites loks (Bucher, Sturm, 1985).

Starp nitrifikāciju un ražu tomēr pastāv cieša korelācija. Nitrāti, atšķirībā no amonija jona, augiem labāk ir pieejami posmā no skābas līdz neitrālai augsnes reakcijai. Nitrātu veidošanās iespējamība augsnē tādejādi ir augsnes auglības tests (pārbaude) (Bucher, Sturm, 1985; Schilling u.a., 1987).

Denitrifikācija ir process, kur noteiktas baktērijas reducē nitrātus līdz molekulāram slāpeklim ($N_2$) un arī nelielu daļu līdz slāpekļa oksīdiem ($N_2O$, $NO_2$ vai NO), kas no augsnes izdalās gāzes formā. Denitrifikāciju veic *Pseudomonas denitrificans* B. un daudzi citi mikroorganismi. Tie ir slāpekļa zudumi no augsnes. $N_2O$, līdzīgi kā halogenizētie ogļūdeņraži, noārda ozona slāni. Viduseiropas apstākļos ir jārēķinās, ka ik gadus var tikt zaudēts līdz 8 % no bruto mineralizācijas (kopēji izdalītais augsnes slāpeklis) un arī līdz 20 % no mēslojuma slāpekļa. Tas atbilst aptuveni 30 – 40 kg $ha^{-1}$ slāpekļa no augsnes un aptuveni 20 kg $ha^{-1}$ slāpekļa no minerālmēsliem (Bucher, Sturm, 1985).

Daži mikroorganismi, *Tiosphaera pantotropha* daļēji veic denitrifikāciju arī aerobos apstākļos (Revsbech, Sorensen, 1990).

Rebecca L. Phillips no ASV raksta, ka augsnes baktērijas denitrificē minerālmēslu slāpekli skābekļa deficīta apstākļos, kā rezultātā augiem pieejamais slāpeklis no augsnes pāriet atmosfērā. Denitrifikācijas rezultātā zaudētais slāpeklis var sastādīt no 0 līdz pat 239 kg N $ha^{-1}$ gadā un atkarībā no apkārtējās vides apstākļiem un mikroorganismu darbības, tas var samazināt augiem pieejamo slāpekli līdz pat 27 %. Ilgtspējīgas lauksaimniecības mērķis ir uzlabot slāpekļa izmantošanās efektivitāti augiem un samazināt siltumnīcas efektu izraisošo gāzu emisiju atmosfērā sinhronizējot slāpekļa lietošanu ar augu barošanās nepieciešamību (Phillips, 2008).

Tādejādi denitrifikācija ir viens no svarīgākajiem faktoriem, kas nosaka slāpekļa minerālmēslu lietošanas efektivitāti, kā arī slāpekļa mēslošanas normu optimizācijas metožu izvēli un pielietošanu. Denitrifikācija nav atkarīga no slāpekļa formas. Papuvēs denitrifikācija ir spēcīgāka nekā aizņemtās platībās. Tās intensitāti lielā mērā nosaka sekojoši faktori:

- mikrobu populācijas: normāli augsnē atrodas tik daudz denitrifikācijas baktēriju, ka, iestājoties optimāliem apstākļiem, notiek strauja to populācijas atjaunošanās;
- skābekļa saturs augsnē: denitrifikācijas priekšnoteikums ir skābekļa ($O_2$) trūkums augsnē. To var izraisīt augsnes sablīvēšanās, pārmitra augsne vai arī intensīva augsnes elpošana ($CO_2$ veidošanās). Šajā gadījumā daudzas baktērijas elpošanai izmanto nitrātos saistīto skābekli.

No tā izriet, ka sekojošās augsnēs ir īpaši izteikts denitrifikācijas process:

- ar nelielu gaisa poru daudzumu (piemēram, māla augsnes);
- pārsātinātas ar ūdeni (applūstošas augsnes);
- kuras ir bagātas ar organiskām vielām.

Parasti palielinoties augsnes dziļumam, samazinās $O_2$ saturs tajā, tādējādi palielinās arī denitrifikācijas iespējas, un to attēlo 1.1. tabula.

Tā kā nitrāti ir izejmateriāls denitrifikācijai, tad tā var tikt lietderīgi ierobežota, ja nitrātu saturs augsnē tiek uzturēts pēc iespējas zems, piemēram, slāpekļa mēslojumu iestrādājot vairākās reizēs. Arī tā saucamie denitrifikācijas inhibitori (kavētāji) var samazināt denitrifikāciju (Bucher, Sturm, 1985).

Denitrifikācija notiek plašā pH intervālā. Optimāla augsnes reakcija $NO_2$ veidošanai ir pH 7.0. Taču denitrifikācija tika novērota arī pie pH 6.5 un pat pie 4.9 (Revsbech, Sorensen, 1990).

1.1. tabula

**Slāpekļa zudumi denitrifikācijas rezultātā dažādos augsnes slāņos (pēc Jones, 1979, ASV)**

| Augsnes dziļums, cm | N - $NO_3$ – zudumi, % | Augsnes dziļums, cm | N - $NO_3$ – zudumi, % |
|---|---|---|---|
| 0 – 2.5 | 0 | – | – |
| 2.5 – 5.0 | 0 | 10.0 – 12.5 | 75 |
| 5.0 – 7.5 | 0 | 12.5 – 15.0 | 80 |
| 7.5 – 10.0 | 73 | 15.0 – 17.5 | 81 |

Slāpekļa mēslojuma lietošanu ietekmē arī augsnē esošo organisko vielu mineralizēšanās, kā rezultātā augsnē esošās augiem nepieejamās slāpekļa rezerves kļūst izmantojamas augu organiskās masas veidošanai un paredzētā slāpekļa mēslojuma norma var tikt samazināta.

### 1.2.2. Slāpekļa aprite augsnē

Viegli šķīstošo slāpekļa savienojumu uzkrāšanās, jeb fiksācija augsnē ir dabisks slāpekļa aprites process. Uzkrājas ne vairāk kā 10 % no viegli šķīstošām un kustīgām nitrātu formām ($NO_3$). Arī urīnviela augsnē ir ļoti kustīga; taču tā samērā ātri fermenta ureāzes ietekmē tiek pārveidota amonijā, tāpēc tikai īsu brīdi pēc izkliedēšanas tā var būt izskalojama. Amonija slāpeklis vairāk vai mazāk tiek saistīts ar māla daļiņām un tāpēc ir grūti izskalojams (Strum, Buchner, Zerulla, 1994).

Bieži vien augsnē notiek slāpekļa izskalošanās no sakņu zonas, un slāpeklis pārvietojas uz augsnes apakšējiem slāņiem. Nitrātu slāpeklis ar ūdens palīdzību var tikt izskalots gruntsūdeņos gadījumā, ja denitrifikācija ir ļoti neliela vai tās nav vispār. Smagākās augsnēs bieži vien tomēr notiek minimāla slāpekļa uzkrāšanās dziļākajos, bet tomēr vēl saknēm sasniedzamos, augsnes slāņos. Vēlākajās attīstības stadijās augi to tomēr var uzņemt. Bez tam, izskalotie nitrāti var atgriezties sakņu zonā ar augšupejošu augsnes šķīduma kustību pa kapilāriem.

Slāpekļa uzkrāšanās un izskalošanās pirmām kārtām ir atkarīga no augsnes granulometriskā sastāva. Pēc Vehrmann un Scharh, nitrāti 60 mm lielu nokrišņu ietekmē pavasarī māla augsnēs ieskalojas 20 cm dziļumā, smilšmāla augsnēs – 30 līdz 40 cm un smilts augsnēs 40 līdz 60 cm dziļumā (Strum, Buchner, Zerulla, 1994).

Organisko savienojumu mineralizācija un slāpekļa fiksācija augsnē norisinās pastāvīgi kā dabīgi procesi viens otram līdzās. Ja slāpekli saturošo savienojumu mineralizācija rudenī augsnē notiek vairāk kā slāpekļa saistīšana augsnē un augi to neizmanto, tad nokrišņu ietekmē minerālais slāpeklis var tikt ieskalots augsnes dziļākajos slāņos. Tas notiek galvenokārt rudenī un ziemā, vai arī, ja augu augšana ir ļoti vāja.

Vidēji brūnaugšņu tīrumos mineralizējas no 1 līdz 3 % (Amberger, 1988, Rohmann, Sontheimer, 1985) organiski saistītā slāpekļa, kas vidēji gadā sastāda 50 līdz 90 kg $ha^{-1}$ minerālā slāpekļa.

Tomass Engels (Engels, 1993) raksta, ka veģetācijas perioda laikā no organiskās augsnes daļas iespējams mineralizēties 30 – 360 kg $ha^{-1}$ slāpekļa. Šāds daudzums var mineralizēties nemēslotos laukos. Mēslotajos sējumos ir grūtāk mērīt slāpekļa mineralizāciju, te jāņem vērā mēslojuma slāpekļa imobilizācija, kas ir pretējs process.

Vācu zinātnieks T. Engels (Engels, 1993) noskaidrojis, ka smilšainās augsnēs slāpekļa zudumi ir vidēji divas reizes augstāki kā mālainās augsnēs (smilts augsnē: 20 – 162 kg $ha^{-1}$, māla augsnē: 4 – 80 kg $ha^{-1}$). Šī attiecība veidojas tādejādi, ka vieglās augsnēs rudenī un ziemā minerālais slāpeklis pilnīgi atstāj sakņu zonu. Mālainā augsnē nitrāti pārsvarā uzkrājas augsnes slānī līdz 90 cm dziļumam. Vienīgi 30 – 90 cm dziļumā esošais $N_{min}$ bija būtiskā korelācijā ar slāpekļa zudumiem.

T. Engels (Engels, 1993) turpina, ka, neskatoties uz atrašanās vietas ietekmi, liela nozīme slāpekļa savienojumu mineralizācijā pēc ražas novākšanas bija priekšauga nodrošinājumam ar slāpekli. Mineralizācija samazinājās sekojošā kārtībā:

*pārmēslots (72 kg $ha^{-1}$) → opt. mēsl. (59 kg $ha^{-1}$) → nemēslots (49 kg $ha^{-1}$).*

Pastāv viedoklis (Keryn, Black, Conyers, 2001), ka heterotrofo mikroorganismu aktivitāte un slāpekļa mineralizācija augu augšanas sezonas laikā būtiski samazinās līdz ar attiecīgo augsnes slāņu dziļuma palielināšanos.

G. Richters (Richter, 1996) apgalvo, ka slāpekļa mēslojuma intensīvākā pēcietekme ir smilts augsnē, un tā virzoties māla virzienā attiecīgi samazinās līdz 50 %. Šis novērojums apstiprina māla augšņu augsto mineralizācijas potenciālu. Relatīvā slāpekļa mineralizācijas prognozēšanas neprecizitāte palielinās līdz ar humusa satura pieaugumu augsnē.

E. Bremers un P. Kuikmans (Bremer, Kuikman, 1997) pārbaudīja hipotēzi par to, ka augi stimulē slāpekļa mineralizāciju, ja pastāv konkurence starp augiem un heterotrofiem mikroorganismiem. Laukaugu audzēšana pie zemām slāpekļa mēslojuma normām slāpekļa mineralizāciju neietekmēja, bet tā tika samazināta lielas slāpekļa normas ietekmē. Viņi secināja, ka kviešu audzēšanas ietekme uz slāpekļa mineralizāciju ir atkarīga no augsnes slāpekļa pieejamības. Pie augstām slāpekļa mēslojuma devām mineralizācija samazinās palielinātas slāpekļa imobilizācijas rezultātā.

Nav tādu augšņu, kurās nenotiek organisko vielu mineralizācija, un kuru filtrācijas ūdens nesatur nitrātus. Nitrātu saturs var būt ļoti dažāds. Slāpekļa uzkrāšanās lielā mērā ir atkarīga ne tikai no augsnes veida, bet arī no nokrišņu daudzuma un sadalījuma laikā. Līdzīgus secinājumus lauka izmēģinājumos ieguvuši arī angļu zinātnieki (Bacon, Hewitt, Shepherd, 1998).

Pēc Šveigera (Strum, Buchner, Zerulla, 1994) izmēģinājumos iegūtajiem rezultātiem, lielākie nitrātu slāpekļa zudumi konstatēti rudenī un pavasarī (nosakot $N_{min}$). Lielākie zudumi, vairāk kā 35 kg $ha^{-1}$, bija sparģeļiem un dārzeņiem. Vidējā grupā ar 20 – 30 kg $ha^{-1}$ zudumu bija kukurūza, rušināmaugi un eļļas augi. Mazāki par 20 kg $ha^{-1}$ zudumi bija labībām, augļkokiem ar mulču un ilggadīgiem lopbarības tauriņziežiem. Zālaugu sējumā vispār netika konstatēta nitrātu slāpekļa samazināšanās.

Gunters – Borstals (Günter – Borstal, 1994) raksta, ka augsnes minerālā slāpekļa saturs mainās praktiski tikai agrometeoroloģisko apstākļu ietekmē. Slāpekļa izskalošanos lielā mērā ietekmē arī augsnes apstrāde, minerālais un organiskais mēslojums un daļēji arī audzētā kultūrauga suga. Fungicīdu lietošana slāpekļa izskalošanos neietekmēja. Slāpekļa zudumi lielāki bija ar slāpekli nemēslotos lauciņos. Palielinoties slāpekļa mēslojumam, slāpekļa zudumi samazinājās sakarā ar ražas atlieku palielināšanos.

Vācu zinātnieks T. Engels (Engels, 1993) raksta, ka pie optimāla slāpekļa nodrošinājuma uz ražas novākšanas brīdi atlikušais augsnes minerālais slāpeklis graudaugiem un cukurbietēm bija vidēji 20 – 40 kg $ha^{-1}$ N. Mazāks slāpekļa mēslojums neradīja augsnē esošā slāpekļa satura samazinājumu ražas novākšanas brīdī, taču slāpekļa optimuma pārsniegšanas rezultātā veidojās būtisks augsnes minerālā slāpekļa

atlikuma pieaugums, kas sasniedza pat vairāk par 100 kg $ha^{-1}$. Nitrātu izskalošanās bija salīdzinoši zema tad, kad slāpekļa bilance bija līdzsvarota, tas ir, ja augsnes un mēslojuma slāpekli lielā mērā izmantoja ar augi.

Savukārt citi zinātnieki uzskata, ka slāpekļa minerālmēslojums maz ietekmē nitrātu slāpekļa saturu filtrācijas ūdeņos tad, ja tas ir mazāks vai tuvojas slāpekļa bilances līdzsvaram (izņemot smilšainās augsnēs) (Strum, Buchner, Zerulla, 1994). Ja bilance ir ļoti pozitīva, nitrātu slāpekļa izskalošanās pieaug līdz 1 m dziļumam. Māla augsnē slāpekļa izskalošanās ir būtiski mazāka, arī palielinot slāpekļa mēslojumu, tā palielinās mazāk kā smilts augsnēs (1.2. tabula).

Melnajā papuvē slāpekļa zudumi ir ļoti augsti, jo no organiskās vielas mineralizētais slāpeklis ar augiem netiek uzņemts. Arī dārzeņu audzēšanā slāpekļa zudumi pie vienāda slāpekļa mēslojuma ir augstāki nekā augu sekā rušināmaugi – labība (Strum, Buchner, Zerulla, 1994).

1.2. tabula

**Slāpekļa mēslojuma devas palielināšanas ietekme uz slāpekļa izskalošanos, kg $ha^{-1}$**

(Strum, Buchner, Zerulla, 1994)

| Slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$ | Smilts augsnes (pH 7.1) | | Māla augsnes (pH 7.5) | |
|---|---|---|---|---|
| | N – uzņemšana | N – izskalošana | N – uzņemšana | N – izskalošana |
| 0 | 63 | 40 | 82 | 23 |
| 80 | 109 | 37 | 116 | 23 |
| 160 | 168 | 41 | 168 | 29 |
| 240 | 227 | 51 | 235 | 31 |

Pļavās, izkliedējot 160 kg $ha^{-1}$ slāpekļa mēslojuma, vēl netika novērota izskalošanās paaugstināšanās, tā notika tikai dodot 300 kg $ha^{-1}$ lielu slāpekļa normu (Strum, Buchner, Zerulla 1994).

B. Bluchera un U. Hermsa (Blucher, Herms, 2001) pētītajos laukos minerālais slāpekļa mēslojums, ieskaitot augstāko devu 175 kg $ha^{-1}$, ietekmēja augsnes minerālā slāpekļa saturu tikai augsnes augšējos slāņos un tikai īslaicīgi. Iestrādātais mēslojums vēlāk tika pārveidots augsnes biomasā. Pēc ražas novākšanas visos variantos, arī nemēslotajā, tika novērots praktiski vienāds augsnes minerālā slāpekļa satura kāpums. Tādejādi slāpekļa mēslojums līdz 175 kg $ha^{-1}$, salīdzinot ar nemēsloto variantu, nitrātu izskalošanos nepalielināja, līdz ar to nepalielināja arī gruntsūdeņu piesārņojumu. Tas vairāk attiecās uz pēcpļaujas atlieku un augsnes organiskās vielas nekontrolētu mineralizēšanos vasaras otrajā pusē. Šī mineralizēšanās tika novērota gan nemēslotos, gan mēslotos variantos līdzīgā daudzumā.

Daži autori no Norvēģijas (Бокман, Корстад и др., 1990) uzskata, ka nitrātu izskalošanās notiek vairāk vai mazāk visās augsnēs. Tas notiek, kad augsnes ūdens plūsma notiek gruntsūdeņu virzienā: rudenī, ziemā, pavasarī (ja augsne nav sasalusi). Augu veģetācijas laikā parasti ūdens plūsma notiek no augsnes dziļākajiem slāņiem augsnes virskārtas virzienā, jo augi parasti patērē vairāk ūdeni nekā tas nonāk augsnē ar nokrišņiem. Šajā gadījumā ūdens plūsma nes līdzi izšķīdušos barības vielu sāļus no augsnes dziļākajiem slāņiem. Visvairāk tā notiek smilšmāla augsnē.

Līdzīgos apstākļos nitrātu izskalošanās parasti intensīvāk notiek stipru atmosfēras nokrišņu ietekmē. Graudaugu veģetācijas perioda beigās augsnē nepaliek vai

arī paliek ļoti maz minerālā slāpekļa savienojumu. Slāpekļa izskalošanās veģetācijas sākumā samazinās līdz ar sakņu masas pieaugumu (Бокман, Корстад и др., 1990).

A. Halvarsons un viņa līdzstrādnieki (Halvorson et al, 2000) raksta, ka augsnes nitrātu slāpekļa daudzums pavasarī būtiski mainījās slāpekļa mēslojuma normas (P = 0.03) un meteoroloģisko apstākļu (P = 0.001) ietekmē, kā arī tika novērota būtiska mijiedarbība starp slāpekļa mēslojuma normu un meteoroloģiskiem apstākļiem (P = 0.0001). Bija gadi, kad pavasarī nitrātu slāpekļa daudzums augsnē bija līdzīgs (1985 – 1989). 1990. un 1992. gadā augsnes nitrātu slāpekļa daudzums palielinājās slāpekļa mēslojuma 45 kg $ha^{-1}$ N ietekmē. Augsnes nitrātu slāpekļa daudzums samazinājās 1993., 1994. un 1995. gados visos slāpekļa mēslojuma variantos. Uz augsnes nitrātu slāpekļa saturu atšķirīgu slāpekļa devu ietekme netika novērota arī 1996. gadā. Vidējais augsnes nitrātu slāpekļa daudzums (0 – 120 cm dziļumā) pavasarī konvencionālās augsnes apstrādes gadījumā bija 144 kg $ha^{-1}$, minimizētā augsnes apstrādē – 136 kg $ha^{-1}$ un bez aršanas – 117 kg $ha^{-1}$.

G. Ahrena (Ahrens, 1995) veiktajos izmēģinājumos slāpekļa mobilizācija sakņu zonā tika nedaudz ierobežota kālija mēslojuma ietekmē. Pēc amonija slāpekļa mēslojuma lietošanas, tikai sakņu tuvumā esošais augsnes saistītais $NH_4^+$ varēja būt pilnīgi izmantots. Māla minerālos neapmaināmā veidā saistītā $NH_4^+$ mobilizācija pieauga līdz ar sakņu masas palielināšanos (atkarībā no augu veida un sējuma biezības).

Vairākās vietās Lietuvā (Pliupelyte et al, 1995) no 1979. līdz 1985. gadam izmēģinājumos ar ziemas kviešiem 'Mironovskaja 808' un rudziem 'Kustro' noskaidrots, ka ciešākā korelācija bija starp augsnes minerālo slāpekli $N_{min}$ ($NO_3^-$ N + + $NH_4^+$ N) 0 – 40 cm un 0 – 60 cm dziļumos un graudu ražu. Nedaudz mazāka korelācija konstatēta starp augsnes $NO_3^-$ N , $NH_4^+$ N un mineralizējamo slāpekli. Kalibrējot augsnes analīžu vērtības attiecībā pret graudu ražas izmaiņām slāpekļa mēslojuma ietekmē, tika iegūti rezultāti, kas liecināja, ka augsnes ar minerālā slāpekļa saturu 0 – 40 cm slānī zemāku par 40 – 80 kg $ha^{-1}$ ir kvalificējamas kā augsnes ar mazu slāpekļa nodrošinājumu, bet ar minerālā slāpekļa saturu augstāku par 100 kg $ha^{-1}$ – kā augsnes ar augstu slāpekļa nodrošinājumu (Pliupelyte et al, 1995; Lazauskas et al, 1998).

### 1.3. Slāpekļa mēslojuma lietošana un tā ietekme uz kviešu ražu

Viens no būtiskākajiem vasaras kviešu ražu ietekmējošiem faktoriem ir minerālais mēslojums, it īpaši slāpekļa minerālmēsli. Slāpekļa minerālmēslu iedarbība uz augiem ir vizuāli viegli pamanāma jau drīz pēc to lietošanas. Augu ārējo pazīmju izmaiņas liecina arī par augos notiekošo procesu pārvērtībām. Dažādos apkārtējās vides apstākļos slāpekļa mēslojuma iedarbība uz augiem noteikti nav vienāda. Turpmākajās šīs nodaļas apakšnodaļās tiks sniegts ieskats par slāpekļa mēslojuma iedarbību uz vasaras kviešu augšanu un attīstību dažādos apstākļos.

#### 1.3.1. Slāpekļa satura izmaiņas kviešu augos

Vasaras kviešu augšanas un attīstības laikā notiek slāpekļa minerālvielu uzņemšana, pārveidošana un uzkrāšana rezerves barības vielu veidā. Izprotot šos procesus, palielinās iespējas nodrošināt labvēlīgākus augu augšanas apstākļus.

A. Arora un J. Mohan (Arora, Mohan, 2001) raksta, ka līdzsvars starp sakņu un vasas augšanas attiecību ir viens no augu pielāgošanās mehānismiem apkārtējai videi.

Šis līdzsvars ir atkarīgs no barības vielu un ūdens nodrošinājuma. Izmēģinājumos ir noskaidrota korelācija starp slāpekļa saturu lapās un sakņu augšanu. Izmēģinājumi veikti ar divām slāpekļa normām un ūdens režīmiem veģetācijas traukos. Vasas jūtīgums pret augstu slāpekļa koncentrāciju augsnē bija mazāks kā saknēm. Sakņu augšanu kavēja augsta slāpekļa koncentrācija augsnē. Slāpekļa saturs lapās labi korelēja ar sakņu biomasas veidošanos augiem ar zemu slāpekļa nodrošinājumu. Garstiebrainās šķirnes veidoja lielāku biomasu un saturēja lielāku slāpekļa daudzumu lapās nekā pundurķirnes, dažādos slāpekļa un ūdens režīmos. Rezultāti rāda, ka vasas un sakņu augšanu slāpekļa pieejamība ietekmē dažādi.

E. Justes ar līdzautoriem (Justes et al, 1994) veica sēriju lauku izmēģinājumu, lai noskaidrotu kritisko slāpekļa koncentrāciju, tas ir, kopslāpekļa minimālo koncentrāciju augos, kas veido maksimālo sausnes daudzumu uz platības vienību noteiktā laikā un lauka stāvoklī. Tika iegūta slāpekļa koncentrācijas kritiskā līkne. Tā izteikta ar vienādojumu (Justes et al, 1994):

$$N_{ct} = 5.35DM^{-0.442}, \qquad (1)$$

kur

$N_{ct}$ – slāpekļa koncentrācija sausnē, %;

DM – sausne, t $ha^{-1}$ (biomasas sausnai jābūt robežās no 1.55 līdz 12 t $ha^{-1}$).

Starp modeli un izmēģinājumu datiem bija laba korelācija ($r^2$ = 0.98). Ļoti cieša sakarība bija novērota lietojot amonija slāpekli, jo nitrātu koncentrācija augos bija maz atbilstoša kritiskajam punktam. Tomēr, šis vienādojums nav piemērojams, ja augu biomasa ir mazāka par 1.55 t $ha^{-1}$. Šajā gadījumā kritiskā slāpekļa koncentrācija bija neatkarīga no vasas biomasas. Reducētam slāpeklim ir noteikta konstanta kritiskā vērtība $N_{ct}$ = 4.4 %.

Modelis bija derīgs visos izmēģinājuma variantos, neskatoties uz lielām atšķirībām augšanā, dažādām šķirnēm, augsnes un klimata apstākļiem, vasas biomasai mainoties no 0.2 līdz 14 t $ha^{-1}$ (Justes et al, 1994).

M.F. Orekers un citi (Oreccer et al, 2000) noskaidroja, ka fotosintēze korelē ar kviešu slāpekļa saturu lapās atbilstoši gaismas intensitātei. Vertikālais slāpekļa sadalījums lapās bija atbilstošs absorbētās gaismas gradientam. Slāpekļa saturs lapās mainījās augu attīstības gaitā un bija atbilstošs slāpekļa pieejamībai. Pie augsta slāpekļa nodrošinājuma, slāpekļa saturs lapās augu attīstības laikā bija konstants. Pie zema slāpekļa nodrošinājuma, slāpekļa saturs lapās svārstījās atkarībā no attāluma līdz sakņu kaklam. Šīs izmaiņas bija saistītas ar samazinātu lapu virsmu un palielinātu slāpekļa reutilizāciju no apakšējiem lapu slāņiem. Lapu slāpekļa sadalījums, ņemot vērā absorbētās radiācijas gradientu, bija cieši saistīts ar teorētisko optimumu maksimālai vasas fotosintēzei. Fotosintēzes intensitātes analīze rāda, ka kvieši saglabā optimālo vertikālo lapu slāpekļa sadalījumu līdzsvarojot fotosintēzes kapacitāti pie liela un maza apgaismojuma.

M. Vonillota un F. Devienne – Barneta (Vonillot, Devienne – Barnet, 1999) izmēģinājumos ar ziemas kviešiem noskaidroja, ka slāpekļa pieejamības ierobežojums pirmās nedēļas laikā samazināja uzņemto slāpekli par 75 %. Šāds slāpekļa uzkrāšanās samazinājums bija trīs augšējās lapās. Trešās nedēļas beigās, slāpeklis tika pārvietots no stiebra un apakšējām lapām uz trim augšējām lapām mēslotiem augiem un divām augšējām lapām nemēslotā variantā. Šajā gadījumā trešajā lapā no augšas atradās 40 % no reutilizētā slāpekļa. Saknēs uzkrājās 11 līdz 17 % no kopējā slāpekļa pirmajā nedēļā un tas tika pārvietots vēlāk uz augšējām lapām. Šīs slāpekļa pārvietošanās sakarības liecina par augu spēju kompensēt tā iztrūkumus īsos laika periodos, augšanai lietojot reutilizēto slāpekli.

Vairākkārtēja slāpekļa trūkuma ietekmē vasaras kviešu augiem novērota lēnāka lapu attīstība. Pie neregulāras slāpekļa piegādes, mainījās lapu veidošanās. Slāpekļa piegādei pirms 4 – 5 lapu fāzes bija lielāks efekts nekā pēc tās. Samazināts slāpekļa mēslojums cerošanas laikā, samazināja kopējo lapu skaitu uz galvenā stiebra, bet tāds pats slāpekļa mēslojums pēc 4 – 5 lapu fāzes to nesamazināja (Lognecher, Robson, 1994).

P. Oskarsons (Oscarson, 1996) pētīja dažādu vasaras kviešu šķirņu spēju uzkrāt graudos slāpekli un noskaidroja, ka slāpekļa koncentrācijas atšķirība graudos neveidojās dažādas slāpekļa asimilācijas un izvietošanās dēļ, bet gan atšķirīgas, slāpekli nesaturošas sausnes uzkrāšanās rezultātā.

J. Landri un S. Delhaie meklēja kviešu, kukurūzas un miežu graudu triptofāna aminoskābes un slāpekļa satura sakarības komerciālas un eksperimentālas izcelsmes šķirņu paraugos. Katrai graudaugu sugai tika atrasta lineāra korelācija starp triptofāna un slāpekļa saturu graudos. Lineārai sakarībai starp triptofānu un slāpekli ir zema ticamība, jo tika novērota triptofāna satura stipra variēšana (Landry, Delhaye, 1993).

Lietuviešu zinātnieku grupa (Pliupelyte et al, 1995) savos lauka izmēģinājumos ar ziemas kviešiem un rudziem noskaidrojuši, ka slāpekļa, fosfora un kālija koncentrācija augu stiebrošanas fāzē bija ļoti atšķirīga pa gadiem un dažādām mērījumu iegūšanas vietām. Tādejādi mēslošanas vajadzības aprēķināšana bija grūti prognozējama. Slāpekļa mēslojuma lietošana stiebrošanas fāzes laikā bija efektīva, ja kopslāpekļa koncentrācija augos bija zemāka par 3.2 – 3.9 %, attiecība N : P zemāka par 8.3 – 10.0 un attiecība K : N – augstāka nekā 0.83 – 0.92.

### 1.3.2. Priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekme uz graudu ražu

Pareiza augu seka ir viens no svarīgākajiem faktoriem augstu vasaras kviešu ražu ieguvei. Tirgus – ekonomiskā situācija bieži vien ietekmē saimniecību specializāciju, kas nosaka kultūraugu sastāvu augsekās.

Vasaras kviešu atkārtota sēja (Бузмаков, Наволоцкий, 1978) vairākos gadījumos samazina ražu salīdzinot ar citiem priekšaugiem (rušināmaugi, tauriņzieži). Labs priekšaugs vasaras kviešiem ir cukurbietes un kartupeļi.

Daudzgadīgie tauriņzieži ir labs priekšaugs vasarāju graudaugiem. Pie nepastāvīga vai nepietiekoša mitruma nodrošinājuma daudzgadīgie tauriņzieži kalpo kā labs priekšaugs gadījumā, ja tiek veikta agra aršana un mitruma saglabāšanas pasākumi (Бузмаков, Наволоцкий, 1978).

No daudzgadīgajām zālēm labākais priekšaugs izrādījās tauriņzieži. Nedaudz mazāka ražība bija pēc tauriņziežu – stiebrzāļu mistra, bet vēl zemāka raža – pēc stiebrzālēm (Воробьев, 1979).

Krievijā vidēji sešos gados pēc melnās papuves vasaras kviešu graudu raža bija 2.9 t $ha^{-1}$, pēc kukurūzas – 2.31 t $ha^{-1}$, pēc kartupeļiem – 2.71 t $ha^{-1}$, pēc zirņauzām – 2.32 t $ha^{-1}$, pēc zirņiem – 2.07 t $ha^{-1}$ un pēc lucernas – 2.41 t $ha^{-1}$. Audzējot vasaras kviešus trīs gadus atkārtotā sējumā, iegūtas 1.25 t $ha^{-1}$ graudu. Salīdzinoši augsta vasaras kviešu raža pēc melnās papuves ir izskaidrojama ar labāku nitrātu slāpekļa un mitruma nodrošinājumu (Воробьев, 1979).

Pēc V. Narcisova (Нарциссов, 1976) datiem, no lauka izmēģinājumos pārbaudītajiem vasarāju graudaugu priekšaugiem labākais bija auzas. Vasaras kviešus sējot pēc miežiem, iegūto graudu daudzums samazinājās par 0.12 t $ha^{-1}$ vai par 6.5 %,

bet atkārtotā sējumā – par 0.32 t $ha^{-1}$ vai par 17.5 %. Pēc vairāku Krievijas Nemelnzemes zonas pētniecisko iestāžu datiem, labākais priekšaugs vasaras kviešiem bija kartupeļi.

Krievijas Tālo Austrumu zinātniski – pētnieciskā institūta dati (Пинчуков, Кузин, Степкин, 1975) liecina, ka melnajai papuvei nav nekādu priekšrocību starp citiem vasaras kviešu priekšaugiem. Tā izrādījās pat sliktāka par viengadīgām zālēm, pēc kurām vasaras kviešu ražība bija par 0.22 t $ha^{-1}$ vai par 10 % augstāka nekā pēc melnās papuves. Vasaras kviešu raža bezmaiņas sējumos, salīdzinot ar vidējo ražību pēc pārējiem priekšaugiem, bija par 0.27 t $ha^{-1}$ vai par 12.3 % zemāka (Воробьев, 1979).

Čehu zinātnieku izmēģinājumos (Петр и др., 1985) priekšaugu ietekme uz ražas veidošanos bija lielāka nekā minerālmēslu, šķirnes vai citu faktoru ietekme. Jo zemāka bija augsnes auglība, jo lielāka bija priekšaugu ietekme.

Dažādu priekšaugu ietekmi nevarēja izlīdzināt pat pastiprināta minerālmēslu lietošana. Vasarāju graudaugiem, īpaši miežiem, priekšauga ietekme uz graudu ražas pieaugumu bija būtiski mazāka nekā ziemājiem.

Labākie priekšaugi vasarājiem ir rušināmaugi un citi vēlu novācami kultūraugi, izņemot lopbarības kāpostus, pēc kuru novākšanas ne vienmēr var veikt rudens aršanu. Pie palielināta graudaugu īpatsvara augsekā, graudaugu priekšaugs vasaras kviešus ietekmē mazāk negatīvi kā ziemas kviešus, taču vairāk nekā miežus (Петр и др., 1985).

Pētījumos, ko veicis K. Špoģis (Špoģis, 1974) laika posmā no 1968. – 1972. gadam, labākais vasaras kviešu priekšaugs bija kartupeļi (2.76 t $ha^{-1}$), kuriem sekoja viengadīgās zāles skābbarībai un zaļbarībai (2.65 t $ha^{-1}$), pirmā un otrā izmantošanas gada āboliņš (2.61 t $ha^{-1}$) un graudaugi (2.59 t $ha^{-1}$), bet mazākā vasaras kviešu graudu raža iegūta pēc daudzgadīgām zālēm ar stiebrzāļu pārsvaru (2.48 t $ha^{-1}$).

Miežiem un auzām piemērotākie priekšaugi bija rušināmaugi, daudzgadīgās zāles un pākšaugi. Tā kā pēc daudzgadīgām zālēm parasti sēj ziemājus, tad vasarājus jāizvieto arī pēc graudaugiem – vislabāk pēc ziemājiem, kuri mēsloti ar kūtsmēsliem, raksta I. Bonāts un O. Sīviņš (Bonāts, Sīviņš, 1987).

Arī B. Lejiņa u.c. raksta (Леиня, Микельсон, Чударс, 1987), ka velēnu podzolētā augsnē labi priekšaugi vasaras miežiem bija – kartupeļi un kukurūza. Līdzīgi tas būtu arī vasaras kviešiem. Turpinot pētīt priekšaugu ietekmi uz dažādu kultūraugu ražas veidošanos, B. Lejiņa un A. Lejiņš secināja, ka griķi ir labākais priekšaugs vasaras kviešu audzēšanai. Augstākās vasaras kviešu ražas iegūtas, audzējot tos pēc griķiem: būtisks ražas pieaugums, salīdzinot ar atkārtotu sējumu – 1.18 t $ha^{-1}$ (Lejiņa, Lejiņš, 2003). Viens no galvenajiem auzu un vasaras kviešu ražas samazināšanās iemesliem ir daudzgadīgo nezāļu, it sevišķi ložņu vārpatas, savairošanās bezmaiņas sējumos vai augsekās ar lielu graudaugu īpatsvaru. Herbicīdu lietošana auzu un vasaras kviešu sējumos nekompensē to ražas pieaugumu, ko dod pareiza priekšauga izvēle. Palielinot graudaugu īpatsvaru augsekā, ievērojami palielinās ložņu vārpatas daudzums kā auzās, tā vasaras kviešos, tāpēc specializētās graudaugu augsekās šo kultūraugu audzēšanas tehnoloģijā jāiekļauj tādu herbicīdu lietošana, kas ierobežo graudzāļu nezāles (Lejiņa, Lejiņš, 2003).

Priekšaugiem ir zināma loma laukaugu ražas kvalitātes palielināšanā. Par to liecina J. Rubeņa (Rubenis, 1979) izmēģinājumi par laukaugu ražas kvalitātes svarīgāko rādītāju izmaiņām atkarībā no priekšaugiem, kas izdarīti trijos Latvijas augšņu tipos – velēnu karbonāta izskalotā labi iekultivētā smaga smilšmāla augsnē, velēnu gleja iekultivētā saistīgas smilts augsnē un velēnu vāji podzolētā labi iekultivētā viegla smilšmāla augsnē. Augstākais tīrproteīna saturs konstatēts, audzējot labības pēc tauriņziežiem (10.57 %), bet zemāks – graudaugu atkārtotos sējumos (9.67 %). Viszemākais tīrproteīna saturs atzīmēts labību bezmaiņas sējumos (9.26 %).

Latvijā pētījumus par augsnes granulometriskā sastāva ietekmi uz laukaugu ražu ir veikuši tikai daži zinātnieki un pētījumu rezultātu par slāpekļa mēslojuma un augsnes granulometriskā sastāva ietekmi uz vasaras kviešu ražu zinātniskajās publikācijās netika konstatēti.

K. Špoģa (Špoģis, 1974) pētījumos par fizikālā māla ietekmi uz vasaras kviešu graudu ražas lielumu konstatēts, ka augstākās graudu ražas tika iegūtas augsnēs ar fizikālā māla saturu 20.1 – 40.0 % (3.9 t $ha^{-1}$), bet nedaudz zemāka raža (3.83 t $ha^{-1}$) iegūta vieglākā augsnē ar fizikālā māla saturu 10.1 – 20.0 %. Smaga granulometriskā sastāva augsnē ar māla saturu virs 40.0 % iegūts 2.77 t $ha^{-1}$ vasaras kviešu graudu, bet zemākās ražas konstatētas vieglās augsnēs ar fizikālā māla satur līdz 10.0 %.

Augšņu granulometriskā sastāva ietekme uz ražu ir lielāka nekā augšņu ģenētisko tipu ietekme, un tā saglabājas arī to iekultivēšanas rezultātā. Pēc augšņu granulometriskā sastāva kā auglīgākās tiek uzskatītas smilšmāla augsnes, taču atsevišķu kultūraugu attieksme pret augsnes granulometrisko sastāvu ir atšķirīga. Tādi kultūraugi kā, piemēram, lini, kartupeļi un rudzi augstākas ražas parasti veido mālsmilts augsnēs, un tikai tad, ja šo kultūraugu audzēšanas tehnoloģija ir augsta, to ražības maksimums pārvietojas uz smagāka granulometriskā sastāva augsnēm. Tātad, mainoties tehnoloģiskām pakāpēm un mitruma režīmam, kultūraugi savu maksimālo ražību var sasniegt atšķirīgās augšņu granulometriskā sastāva grupās (Daiga u.c., 1990).

### 1.3.3. Kviešu ražas izmaiņas slāpekļa ietekmē

Optimāls slāpekļa mēslojums parasti palielina kviešu ražību, kā arī uzlabo graudu kvalitāti. Slāpekļa mēslojuma ietekme lielā mērā ir atkarīga no mēslojuma normas, kā arī no tā iestrādes laika.

Tā krievu zinātnieks V. Tolstousovs (Толстоусов, 1987) raksta, ka slāpekļa mēslojuma devu palielināšana dažādās augsnēs dažādi ietekmē kviešu graudu ražu un tās kvalitāti. Vāji iekultivētās augsnēs slāpekļa mēslojuma devu palielināšana no 60 līdz 300 kg $ha^{-1}$ praktiski vienmēr dod ražas pieaugumu, bet vidēji iekultivētās augsnēs raža pieaug slāpekļa mēslojumu palielinot līdz 180 kg $ha^{-1}$ lielai normai, bet palielinot to vēl vairāk: līdz 300 kg $ha^{-1}$, ražība samazinās.

Vairāku autoru kolektīvs (Мартынов и др., 1986) raksta, ka samērā augstas vienreizējā slāpekļa devas, pielietojot tās agri pavasarī, var izsaukt intensīvu cerošanu un neproduktīvo stiebru veidošanos, kas samazina iespējamo ražu.

I. Bonāts (Bonāts, 1980) savos pētījumos noskaidroja, ka, lietojot lielas slāpekļa mēslojuma devas vienā paņēmienā agri pavasarī iekoptās augsnēs, sējumi saveldrējas tiktāl, ka to ražas ir līdzvērtīgas sējumiem bez slāpekļa mēslojuma.

1975. gadā izdarītajos V. Kurkajeva un R. Rihtera (Куркаев, Рихтер, 1982) izmēģinājumos Čehijā mitruma deficīta apstākļos graudu nogatavošanās laikā slāpekļa mēslojums 60 kg $ha^{-1}$ deva lielāko ražas pieaugumu. Viņi ir secinājuši, ka augstas mēslojuma normas atsevišķos gados rada atšķirīgu efektu, kas ir atkarīgs ne tikai no slāpekļa izmantošanās apstākļiem, bet arī no sējumu biezības. Viņi min arī to, ka viens no mēslojuma efektivitātes samazināšanās iemesliem ir nepilnīga nitrātu slāpekļa izmantošana.

Latvijas Lauksaimniecības akadēmijas (Rubenis, 1979) izmēģinājumos mācību un pētījumu saimniecībā ”Jelgava” laikā no 1972. līdz 1975. gadam noskaidrots, ka paaugstināts minerālmēslojums palielināja laukaugu ražas pēc visiem priekšaugiem, bet vairāk pēc tādiem, kuriem vidēja mēslojuma apstākļos bija mazākas ražas. Paaugstinātas minerālmēslu normas salīdzinājumā ar vidējām palielināja graudaugu ražas pēc

pākšaugiem par 7 %, pēc labībām – par 10 % un pēc cukurbietēm – par 11 %. Paaugstinātas minerālmēslu devas sekmēja priekšaugu izraisīto atšķirību nivelēšanos, bet nespēja tās pilnīgi novērst. Tas liecina, ka atbilstošu priekšaugu izvēle saglabā nozīmi laukaugu ražas kāpināšanā arī intensīvas zemkopības apstākļos.

H. Šarpf un J. Vehrmann kā arī H. Šonbergers (Scharpf, Wehrmann, 1991; Schönberger, 1998) savās publikācijās raksta, ka nepareizs slāpekļa mēslojums rada tikai zaudējumus. Intensīvas audzēšanas apstākļos augstražīgos sējumos neliels slāpekļa deficīts ir ekonomiski un ekoloģiski mazāk kaitīgs nekā pārmērīga un nepareiza slāpekļa mēslojuma lietošana. Pareiza slāpekļa mēslojuma dozēšana gan pēc apjoma, gan noteiktā laikā ir atkarīga ne tikai no sējuma slāpekļa patēriņa, bet arī no slāpekļa satura augsnē.

Slāpekļa normas lielākas par 100 kg $ha^{-1}$ ir jādala divās daļās un jāiestrādā divos termiņos (Scharpf, Wehrmann, 1991). Agrā pavasarī nepieciešamo slāpekļa devu nosaka pēc augsnes nodrošinājuma ar minerālo slāpekli, kā arī pēc sējumu ārējām pazīmēm (vizuāli). Slāpekļa mēslojums cerošanas beigās – stiebrošanas sākumā sevišķi nepieciešams ir:

- ar barības vielām nabadzīgās augsnēs (īpaši smilts augsnēs);
- pēc lielām lietusgāzēm;
- izretotiem sējumiem (mazāk par 350 augiem $m^{-2}$);
- nelabvēlīgos laika apstākļos.

Vācu zinātnieku F. Retzer, F. Maidl u.c. (Retzer, Maidl u. a., 1993) vairāku gadu izmēģinājumos tika noskaidrots, ka kopējam slāpekļa mēslojuma daudzumam nevajadzētu pārsniegt slāpekļa iznesi ar ražu.

Pēc H. Diepolder, F. Maidl un G. Fischbeck (Diepolder, Maidl, Fischbeck, 1993) publikācijām var secināt, ka ar graudiem no augsnes iznesto slāpekli nepieciešams ar mēslojuma palīdzību iestrādāt atpakaļ. Nepieciešamā slāpekļa daudzumu nosaka pēc plānotās graudaugu ražības. Vieglās augsnēs ir jāuzmanās no slāpekļa izskalošanās no augsnes. Agras slāpekļa devas ir vairāk pakļautas izskalošanai. Slāpekļa mēslojums cerošanas fāzē ir sevišķi nozīmīgs jaunās ražas veidošanā. Smagās augsnēs lielas slāpekļa devas rada salīdzinoši nelielu atdevi.

### 1.3.4. Slāpekļa mēslojuma ietekme uz vasaras kviešu ražas kvalitāti

Vasaras kviešu graudus galvenokārt izmanto miltu un maizes ražošanai. Maizes garša un barotājvērtība ir atkarīgas no daudziem faktoriem: miltu ķīmiskā sastāva, mīklas fizikālām īpašībām, cepšanas metodēm u.c. Tomēr galvenā loma starp šiem faktoriem ir graudu kvalitātei. To raksturo fizikālie, ķīmiskie rādītāji un cepamīpašības, kā arī miltu tehnoloģiskās īpašības.

Pie vasaras kviešu graudu fizikālajām īpašībām pieskaitāma 1000 graudu masa, tilpummasa, graudu izlīdzinātība u.c. Tilpummasa ir 1 litra graudu masa gramos. Visā pasaulē to izmanto kā graudu malšanas kvalitātes pazīmi: jo lielāka tilpummasa, jo lielāks produkcijas iznākums. Par 1. un 2. klasei atbilstošiem graudiem uzskatāmi graudi ar tilpummasu ne mazāku kā 730 g $L^{-1}$ (Latvijas Valsts Standarti LVS 273:2000).

Nosakot graudu malšanas kvalitātes īpašības, tiek ņemta vērā arī 1000 graudu masa (Толстоусов, 1987). Amerikāņu zinātnieku grupa, B. N. Ottesona vadībā, savos izmēģinājumos ar vasaras kviešiem Ziemeļdakotā, Kanādā, kuri tika iekārtoti 2003. – 2005. gados, konstatēja, ka šķirnes īpatnības būtiski ietekmējušas graudu ražu. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu graudu tilpummasa un 1000 graudu masa

samazinājās. Graudu tilpummasas un tūkstots graudu masas samazināšanās pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē bija atkarīga no šķirņu ģenotipiskajām īpašībām (Otteson, Mergoum, Ransom, 2007).

Svarīgākais kviešu graudu kvalitātes rādītājs ir to ķīmiskais sastāvs. Vidēji vasaras kviešu graudi satur: 14 % olbaltumvielu, 60 % cietes, 1.9 % tauku, 2.8 % kokšķiedras, 4.3 % cukuru un 2.7 % pelnvielu. Atkarībā no audzēšanas apstākļiem, slāpekļa mēslojuma un šķirnes šie rādītāji var būtiski mainīties (Толстоусов, 1987).

Graudu barības vērtību nosaka olbaltumvielas un ciete.

Kviešu olbaltumvielas, iemīcot mīklu, veido lipekli, kurš ir staipīgs un elastīgs kā gumija. Lipeklis ir ūdenī nešķīstošās olbaltumvielas, kas spējīgas uzsūkt un piesaistīt noteiktu ūdens daudzumu (Klāsens, 1994; Ruža, 1995). Lipeklis ir ļoti svarīgs kviešu miltu maizes kvalitātes nodrošināšanai un tā pamatā ir olbaltumvielas – gliadīni un glutenīni. Šīs olbaltumvielas ir rezerves vielas, kas nešķīst ūdenī un galvenokārt izvietojas endospermā.

Parasti lipekļa saturs graudos svārstās robežās no 7 līdz 26 %, atkarībā no šķirnes un slāpekļa mēslojuma (Bonāts, 1980; Kārkliņa u.c., 1996).

Mīkstos kviešus pēc lipekļa satura graudos iedala 4 kategorijās: I – graudi ar lipekļa saturu, kas lielāks par 28 %; II – ar lipekļa saturu robežās no 25 % līdz 28 %; III – ar lipekļa saturu robežās no 22 % līdz 25 %, un IV – ar lipekļa saturu robežās no 18 % līdz 22 %. No I kategorijas mīksto kviešu graudiem iegūtos miltus var izmantot augstas kvalitātes maizes izstrādājumu ražošanai, tie ir derīgi makaronu izgatavošanai, kā arī spēj uzlabot cepamīpašības zemākas kvalitātes miltiem, tādejādi aizstājot dienvidu rajonos audzētos cietos kviešus. Arī no kviešiem, kas satur 22 – 28 % lipekļa, iespējams iegūt miltus ar labām cepamīpašībām, taču ar tiem nevar uzlabot vājo kviešu īpašības (Ruža, 1996).

Pasaulē vairāk tiek lietota kopproteīna satura un un sastāva noteikšana graudos, kas ir viens no svarīgākajiem rādītājiem kviešu graudu gala vērtības noteikšanai (Martre et al, 2006). Tas balstās uz slāpekļa satura noteikšanu graudos, kas ietver gan proteīna sastāvā ietilpstošo slāpekli, gan graudu šūnās esošās brīvās aminoskābes, slāpekļa jonus u.c. slāpekli saturošas vielas.

Kanādas zinātnieku pētījumos slāpekļa mēslojuma normas palielināšanas rezultātā būtiski pieauga proteīna saturs graudos (Lopez – Bellido et al, 1998; Otteson, Mergoum, Ransom, 2007).

Spāņu zinātnieki konstatējuši, ka proteīna saturs bija apgriezti proporcionāls nokrišņu daudzumam vasaras kviešu veģetācijas perioda laikā. Arī augu seka mainīja graudu kvalitātes rādītāju (Lopez – Bellido et al, 1998).

Cietes skaldīšanās procesa intensitāti, jeb alfa – amilāzes darbību izsaka ar krišanas skaitli. Krišanas skaitli nosaka ar speciālu mēraparātu, fiksējot virzulīša grimšanas ātrumu sekundēs karstā ūdenī uzbriedinātā klīsterī. Jo lielākas un stabilākas ir cietes molekulas, jo blīvāks ir izveidotais klīsteris un lēnāk tajā grimst virzulītis, kas nozīmē, ka krišanas skaitlis ir augstāks (Якубцнер, Козьмина, Любарский, 1970).

Kviešu maizes cepšanai par zemāko pieļaujamo uzskata krišanas skaitli ar vērtību 180, bet par optimālo 220 – 250 (Якубцнер, Козьмина, Любарский, 1970).

Ir zināms, ka galvenais cēlonis mūsu klimata zonā audzēto kviešu nestabilajai kvalitātei un zemajam proteīna saturam ir meteoroloģiskie apstākļi – samērā zema augsnes un gaisa temperatūra, liels nokrišņu daudzums (īpaši graudu veidošanās un ienākšanās laikā), kā arī nepietiekams augu nodrošinājums ar slāpekļvielām veģetācijas periodā (Ruža, 1995).

Igauņu zinātnieki (Kaerner, Kaerner 1998) veicot slāpekļa mēslojuma optimizācijas izmēģinājumus, pirms sējas augsnē iestrādāja $P_2O_5$ un $K_2O$ 60 kg $ha^{-1}$ un

slāpekli ar normu 0, 50, 75, 100 un 125 kg $ha^{-1}$. Dīgšanas fāzē 50 – 100 kg $ha^{-1}$ slāpekļa mēslojuma fonā tika doti papildus 25 – 50 kg $ha^{-1}$ slāpekļa. Priekšaugi bija kartupeļi, rudzi, mieži un vasaras rapsis. Slāpekļa mēslojuma 50 – 125 kg $ha^{-1}$ ietekmē, lipekļa saturs vasaras kviešos palielinājās par 2.0 līdz 7.4 %. Lipekļa saturs pēc vasaras rapša un kartupeļiem bija attiecīgi par 5.4 un 6.3 % augstāks nekā audzējot tos pēc rudziem.

V. Tolstousovs (Толстоусов, 1987) raksta, ka palielinot slāpekļa devu vāji iekultivētās augsnēs audzētiem kviešiem, olbaltumvielu saturs graudos palielinās daudz lēnāk nekā vidēji iekultivētās augsnēs.

Slāpekļa mēslojuma norma lielā mērā ir atkarīga arī no audzētās kviešu šķirnes ģenētiskajām īpatnībām. Ekstensīvām šķirnēm augstas kvalitātes graudu iegūšanai nav nepieciešamas lielas slāpekļa mēslojuma normas, turpretī intensīvām kviešu šķirnēm kvalitatīvus graudus iespējams iegūt tikai augsta slāpekļa mēslojuma fonā. Augi vispirms nodrošina ģenētiskajām īpašībām atbilstošu graudu ražas līmeni un tikai pēc tam pieejamās barības vielas novirza graudu kvalitātes nodrošināšanai (Ruža, 1997).

H. Šonbergers (Schönberger, 1996) raksta, ka slāpekļa mēslojums stiebrošanas laikā nav jāpārnes citās fāzēs. Papildus slāpekļa mēslošana ir jāveic aptuveni nedēļu pirms stiebrošanas. Stiebrošanas fāzē izkliedētais slāpeklis ietekmē graudu kvalitāti.

Baltkrievu zinātnieka V. Lapas un viņa kolēģu (Лапа и др., 1999) izmēģinājumos slāpekļa mēslojums palielināja neaizvietojamo aminoskābju saturu olbaltumvielās par 21 – 25 % vairāk nekā kontrolē un graudos par 21 – 35 % vairāk nekā kontrolē. Minerālās barošanās līmeņa paaugstināšana, lietojot papildmēslojumu, samazināja neaizvietojamo aminoskābju saturu olbaltumvielās. Olbaltumvielu kvalitātes samazināšanās tendence, izmantojot pieaugošas slāpekļa normas, vienlaicīgi palielinoties olbaltumvielu saturam graudos, novērota arī citu autoru izmēģinājumos. Labākā lipekļa kvalitāte veidojās variantā, kur pamatmēslojumā iestrādāti 90 kg $ha^{-1}$ slāpekļa, un papildmēslojumā cerošanas fāzē iestrādi 30 kg $ha^{-1}$ slāpekļa. Samērā vēla slāpekļa papildmēslojuma lietošana, kā arī slāpekļa trūkums būtiski samazina olbaltumvielu kvalitāti.

Lietuvas zinātnieku (Janušauskaite, Mašauskas, 2004) pētījumos no 1999. līdz 2001. gadam konstatēta sakarība starp slāpekļa mēslojuma normām un graudu kvalitātes rādītājiem. Slāpekļa mēslojums cieši pozitīvi korelēja ar kopproteīna saturu vasaras kviešu graudos: 2000. gadā $r = 0.81$ un 2001. gadā $r = 0.94$, bet lipekļa saturs bija ciešā pozitīvā korelācijā ar slāpekļa mēslojumu visos izmēģinājumu gados, korelācijas koeficientam svārstoties no $r = 0.80$ līdz $r = 0.96$. Tika konstatēta pozitīva korelācija starp kopproteīna un lipekļa saturu ($r = 0.88 – 0.92$).

R. Šatalova (Шаталова, 1999) raksta, ka lipekļa saturs vasaras kviešu graudos, ir augstāks nekā ziemas kviešos. Optimāla slāpekļa mēslojuma norma pēc vairāku autoru uzskatiem ir no 60 – 90 kg $ha^{-1}$ N. Par slāpekļa mēslojuma dalītas došanas nepieciešamību zinātnieku rindās nav vienotas nostājas. Augstas kvalitātes ražas ieguvei liela nozīme ir slāpekļa mēslojuma nodrošinājumam augu veģetācijas laikā un īpaši briešanas periodā, taču audzēšanas apstākļu ietekme uz lipekļa uzkrāšanos graudos nav pietiekami izpētīta.

### 1.4. Slāpekļa mēslojuma normu un lietošanas laika optimizācija kviešiem

Nepārtraukti augošās lauksaimniecības produktu ražošanas izejvielu izmaksas Eiropā, kā arī vispārēja globalizācija un konkurences palielināšanās arvien vairāk ražotājiem liek pievērsties ražošanas procesu uzlabošanai, modernizēšanai un optimizēšanai. Konvencionālajā lauksaimniecībā lielāko ražošanas izmaksu daļu sastāda

minerālmēsli un pesticīdi, it īpaši ja tiek pievērsta uzmanība augsnes auglības uzlabošanai (Blackshaw, 2005).

### 1.4.1. Slāpekļa mēslojuma efektivitāte

Slāpekļa vajadzības un izmantojamības noteikšana šķiet diezgan vienkāršs uzdevums, bet, aplūkojot to tuvāk, rodas vesela virkne neskaidru jautājumu. Abas iepriekšminētās norises ir vairāku savā starpā saistītu, mainīgu procesu rezultāts (Petersen, 2001). Minerālmēslu slāpekļa transformācija nonākot augsnē attēlota 1.3. tabulā.

1.3. tabula

**Minerālmēslu slāpekļa transformācija augsnē**
(Бокман и др., 1990)

| N.p.k. | Iznākums | % |
|---|---|---|
| 1. | Uzņemts ar augiem | 40 – 60 |
| 2. | Imobilizācija augsnē | 20 – 50 |
| 3. | Saistās augsnes minerālajā daļā | 5 – 20 |
| 4. | Gāzveida zudumi denitrifikācijas rezultātā | 2 – 30 |
| 5. | Izskalojas | 2 – 10 |

W. Rauns un G. Johnsons (Raun, Johnson, 1999) raksta, ka pasaulē, slāpekļa izmantošanas efektivitāte graudaugos (kvieši, kukurūza, rīsi, mieži, sorgo, auzas, rudzi, prosa) ir aptuveni 33 %. Pārējie 67 % ir ikgadējie slāpekļa mēslojuma zudumi (ieskaitot augsnes un minerālmēslu slāpekli). Minerālmēslu slāpekļa zudumus veido gāzveida emisija, denitrifikācija, zudumi ar noteci no augsnes virskārtas un izskalošanās. Palielināt slāpekļa izmantošanas efektivitāti augos ir iespējams izmantojot šķirnes ar augstu ražības indeksu, lietojot slāpekļa mēslojumu ieteiktajās devas vienlaicīgi ar lauka īpašību dažādības sensoru izmantošanu un precīzi optimizējot slāpekļa mēslojuma normas. Slāpekļa efektivitātes palielināšana ir jāsaista ar kultūraugu vajadzību pēc barības vielām.

C. Hera no Austrijas (Hera, 1994) raksta, ka audzējot kultūraugus pietiekamā barības vielu nodrošinājumā, slāpeklis sausnā reti kad ir mazāk par 15 mg $kg^{-1}$, fosfors – 3 mg $kg^{-1}$ $P_2O_5$ un kālijs – 15 mg $kg^{-1}$ $K_2O$. Tādejādi, ja tiek iegūta maksimāli iespējamā raža, augiem jāsatur vismaz 300 kg $ha^{-1}$ slāpekļa, 60 kg $ha^{-1}$ fosfora un 150 kg $ha^{-1}$ kālija. Šādu augu barības vielu daudzumu iespējams nodrošināt tikai lietojot minerālmēslus. Bieži vien minerālmēslu efektivitāte ir zemāka par 50 %. (Hera, 1994).

Slāpekļa mēslojums parasti dod 40 – 60 % no kopīgā ražas pieauguma, kas ir sasniegts, lietojot minerālmēslus, slāpekļa efekts relatīvi vislielākais ir smilts augsnēs, ja vien pietiek mitruma (Daiga u.c., 1990).

Daži zinātnieki raksta, ka slāpekļa izmantošanas efektivitāte var sasniegt 86 % no kopējā slāpekļa daudzuma, kas iestrādāts ziemāju sējumos. Pie kam kvieši slāpekli izmanto to veģetācijas pirmajā pusē (Бокман и др., 1990).

Anglijā no 1991. līdz 1994. gadam tika veikti 74 izmēģinājumi ar ziemas kviešiem un miežiem (Webb et al, 1998) smilšainās augsnēs. Zinātnieki noskaidroja optimālo slāpekļa normu $N_{opt}$ = 143 kg $ha^{-1}$. Augsnes slāpekļa nodrošinājums pavasarī bija zems – 45 kg $ha^{-1}$ un liecināja par augstu slāpekļa mēslošanas nepieciešamību. Slāpekļa efektivitāte bija par 70 % lielāka nekā iepriekšējos pētījumos māla vai

karbonātu augsnēs, pierādot, ka slāpekļa efektivitāti neierobežo mitruma trūkums. Lielāka slāpekļa efektivitāte ir izskaidrojama ar ātrāku slāpekļa imobilizāciju no minerālmēsliem smilšainās augsnēs. Lielāka slāpekļa efektivitāte samazina slāpekļa minerālmēslu nepieciešamības optimumu. Optimālais slāpekļa mēslošanas daudzums 143 kg $ha^{-1}$ bija mazāks nekā līdzīgos eksperimentos cita tipa augsnēs Apvienotajā Karalistē. Tomēr šis vispārējais novērojums slēpj divas pretrunas. Mēslojuma slāpeklis bija efektīvāks smilšainās augsnēs, bet izmantotais minerālmēslu slāpeklis graudu ražas veidošanai bija ar līdzīgu lietderību. Tas izskaidrojums ar to, ka šajās augsnēs augiem ir pieejama lielāka augsnes ūdens daļa, kas maijā paātrināja mēslojuma slāpekļa uzņemšanu. Tomēr ūdens trūkums jūnijā ierobežoja asimilātu veidošanos augos no mēslojuma.

V. Singhts un A. Arora (Singh, Arora, 2001) pētīja 20 kviešu šķirnes ar dažādu augu garumu un dažādu slāpekļa nodrošinājumu, lai noskaidrotu slāpekļa uzņemšanas un efektivitātes atšķirības. Tika pētīts nepietiekošs (40 kg $ha^{-1}$) un normāls (120 kg $ha^{-1}$) slāpekļa mēslojuma nodrošinājums. Augumā garākās šķirnes uzrādīja lielāku slāpekļa uzņemšanas potenciālu un augstāku tā izmantošanas efektivitāti sausnes ražošanai, bet pundurškirnēm slāpeklis labāk izmantojās graudu produkcijas veidošanai. Garstiebraino šķirņu slāpekļa uzņemšana korelēja ar sausnes veidošanos (r = 0.85 – pie nepietiekoša slāpekļa nodrošinājuma un r = 0.77 – pie pietiekoša slāpekļa nodrošinājuma), kas norāda uz stiebru garuma nozīmi slāpekļa uzņemšanā. Slāpekļa izmantošanās efektivitāte biomasas un graudu ražošanai samazinājās līdz ar pieaugošu slāpekļa normu lietošanu.

Daudzgadīgos N.F. Sidorova (Сидоров, 1995) pētījumos tika pierādīts, ka slāpekļa mēslojuma efektivitāte kviešu sējumos ir atkarīga no faktoru kompleksa. Autors secina, ka ir ļoti svarīgi konkrētos audzēšanas apstākļos noteikt ekoloģiski drošu, efektīvāko un lētāko slāpekļa mēslojuma devu. Ja kvieši tiek audzēti pēc melnās papuves, tad tā ir 30 kg $ha^{-1}$, ja pēc agrajiem kartupeļiem – 60 kg $ha^{-1}$, ja pēc labībām – 90 kg $ha^{-1}$ slāpekļa tīrvielas. Bezmērķīgi ir lietot augstas slāpekļa devas mitruma trūkuma apstākļos, skābās augsnēs un pie zema kustīgā fosfora satura. Paaugstinātu slāpekļa devu produktīva izmantošanās ir siltā laikā pie pietiekama mitruma pavasara – vasaras veģetācijas periodā un augsta (110 – 130 mg $kg^{-1}$ augsnes) fosfora satura agrofonā.

Arī vācu zinātnieki L. Boese un J. Debruck (Boese, Debruck, 1998) pierādījuši, ka slāpekļa mēslojuma efektivitāte lielā mērā ir atkarīga no mitruma apstākļiem veģetācijas perioda laikā. 7 t $ha^{-1}$ graudu ražas ieguvei optimālākā slāpekļa deva izrādījās 120 kg $ha^{-1}$ tīrvielā.

Slāpekļa izmantošanās ir atkarīga gan no mēslošanas līdzekļu veida, gan arī no tā lietošanas paņēmiena: iestrādājot augsnē, izkliedējot augsnes virspusē, smidzinot šķīdumus, mēslojumu iestrādājot vienā reizē vai dalīti. Tādejādi viens no slāpekļa mēslojuma efektivitātes regulējošiem faktoriem ir tā dalīta iestrāde.

No vairāku autoru (Ruža, 1995; Osmanis, 1992; Шабшов, Токаренко, 1991) veiktajiem pētījumiem izriet, ka efektīvu kviešu ražas paaugstināšanu nodrošina slāpekļa mēslojuma normas iestrāde vairākās devās, taču viedokļi attiecībā uz dalīšanas reižu skaitu ir ļoti atšķirīgi.

M. Koch (Koch, 1996) uzskata, ka pēdējo slāpekļa mēslojumu jādod īsi pirms vai pēc vārpošanas sākuma. Izretotajos sējumos vai gaidāmā vasaras sausuma gadījumā nepieciešams vēlo slāpekļa papildmēslošanu izdarīt pirms vārpu parādīšanās. Labāk ir, ja slāpekļa normu samazina un iestrādā divās devās.

Vēlā slāpekļa papildmēslojuma efektivitāte ir atkarīga no laika apstākļiem, it sevišķi graudu briešanas periodā, un no barības elementu sabalansētības: ar slāpekli, ar

kāliju, ar fosforu un mikroelementiem, it sevišķi, ar molibdēnu (Методические указания, 1985; Церлинг, 1990).

G. Vall un viņa līdzstrādnieki (Wall et al, 2000) izmēģinājumos ar vasaras kviešiem noskaidroja, ka pie augsta slāpekļa nodrošinājuma, $CO_2$ uzņemšana vasaras kviešos bija par 18 % augstāka nekā pie zema slāpekļa nodrošinājuma, bet salīdzinājumā ar kontroli augstāka par 27 %. Rezultāti rāda, ka nākotnē, palielinoties $CO_2$ koncentrācijai, prognozējama vasaras kviešu fotosintētiskā aparāta pielāgošanās. Izmēģinājumi demonstrē arī to, ka pie pietiekoša slāpekļa nodrošinājuma, atmosfērā palielinoties $CO_2$ koncentrācijai, pieaug arī graudu ražas.

D. Calderini, S. Torres – Leon un G. Slafer (Calderini, Torres – Leon, Slafer, 1995) raksta, ka kviešu selekcija ir palielinājusi iegūto graudu ražu slāpekļa un fosfora ietekmē, bet kopējais uzņemto barības vielu daudzums pagājušā gadsimta laikā nemainījās. Galvenais pamatojums tam ir slāpekļa un fosfora ražas indeksa pieaugums. Augstāka barības vielu veidošanas spēja jaunākajām šķirnēm ir saistīta ar zemāku slāpekļa un fosfora koncentrāciju graudos. Tādēļ ģenētiskam uzlabojumam bija negatīvs efekts uz slāpekļa un fosfora koncentrāciju graudos. Galvenais iemesls barības vielu koncentrācijas samazinājumam graudos modernām šķirnēm ir pieaugošais uzkrātāssausnes daudzums, saglabājoties iepriekšējajam uzņemto barības elementu daudzumam. Ir prognozējams, ka nākotnē selekcija varētu veidot šķirnes ar augstāku slāpekļa izmantošanas koeficientu, kas būtu būtisks barības vielu satura palielināšanas veids graudos.

Sadarbojoties vācu un krievu zinātniekiem (Paponov, Lebedinska, Koshkin, 1999) tika pētītas slāpekļa efektivitātes atšķirības dažādām graudaugu sugām. Tika konstatēts, ka atšķirības starp sugām ir izskaidrojamas ar augšanas komponentu atbilstību slāpekļa, nevis oglekļa uzņemšanai.

V. Coks un H. Reisenauer (Cox, Reisenauer, 1973) ir noskaidrojuši, ka pat pie liela $NO_3^-$ nodrošinājuma, papildus $NH_4^+$ pievadīšanu joprojām dod ražas pieaugumu.

Slāpekļa uzņemšana no augsnes pēc kviešu ziedēšanas lineāri samazinājās un bija tieši atkarīga no augu stiebru spējas akumulēt no augsnes uzņemto slāpekli (Martre et al, 2006).

Lēnākas iedarbības slāpekļa mēslojumam tika konstatēta augstāka slāpekļa izmantošanās – 29 % urīnvielai speciālās granulās (DCD diciandiamīns), salīdzinot ar parasto urīnvielu un kalcija nitrātu attiecīgi 12 % un 18 %. Izmēģinājumus veica siltumnīcā J. Camberato and B. Bock (Camberato, Bock, 1990). Lietojot DCD urīnvielas granulas, tika konstatēta augstākā slāpekļa koncentrācija graudos (apmēram 0.5 % proteīna).

R. Šatalova (Шаталова, 1999) raksta, ka slāpekļa mēslojuma lietošanas efektivitāti vasaras kviešos var palielināt izmantojot izstrādāto papildmēslojuma diagnostikas skalu stiebrošanas fāzes sākumā pēc kopslāpekļa satura augos.

### 1.4.2. Slāpekļa mēslojuma optimizācija un to ietekmējošie faktori

Iegūt kultūraugu augstu ražu ar labu tās kvalitāti nav iespējams bez augiem nepieciešamo dzīves faktoru nodrošinājuma. Jau 1907. gadā to uzsvēra D. Prjanišnikovs. Viņš teica, ka zinot augu vajadzības un apkārtējās vides īpašības, mēs varam rast iedarbības veidus uz šo vidi (dažreiz arī uz pašu augu), lai saskaņotu tās īpašības ar augu vajadzībām: citē baltkrievu zinātniece T. Kulakovskaja (Кулаковская, 1990). Dažādi faktori: ūdens režīms, temperatūra, organiskās vielas saturs, augu seka un augu atlieku iestrādāšana augsnē, augsnes granulometriskais sastāvs un citi faktori

ietekmē slāpekļa apriti. Tāpēc, lai gūtu maksimālo ieguldīto līdzekļu atdevi, rūpīgi jāizvēlas tāds slāpekļa mēslojuma daudzums, kas būtu vidusceļš starp ienesīgu saimniekošanu un apkārtējas vides saudzēšanu (Кулаковская, 1990; Панниов, Кулаковская, 1981; Steén 2001).

Daudzos tīrumos ir liela augsnes īpašību dažādība. Tā pārsvarā ir izveidojies vēstures gaitā, vai arī var tikt ietekmēta arī agrotehniski. Liela daļa lauksaimnieku parasti vasaras kviešus visos laukos mēslo vienādi, kas gan no ekonomiskā, gan no ekoloģiskā viedokļa ir vērtējams negatīvi. Visbiežāk slāpekļa mēslojuma normas tiek plānotas orientējoties uz saimniecības vidējo laukaugu ražību, kā rezultātā daļā lauku nepietiekoša mēslojuma gadījumā augu ražas potenciāls netiek pilnīgi izmantots, vai arī otrādi – lietojot pārmērīgi daudz slāpekļa mēslojumu vietās, kur vajadzība pēc tā nav tik liela, nevajadzīgi tiek piesārņota vide. Tāpēc diferencētai laukaugu mēslošanai nākotnē ir liela nozīme (Engel, 1996; Ostergaard, Knudsen, 1996).

Slāpekļa norma lielā mērā ir atkarīga no prognozējamās ražas. Jo precīzāk tiks prognozēta sagaidāmā ražība, jo precīzāka būs slāpekļa mēslojuma norma. To ietekmē gan novēlota sēja, gan mitruma trūkums, gan arī augsnes vērtība ballēs (Fritsch, 2000).

Smilšmāla, māla augsnēs, it īpaši labi iekultivētās, pie vienādiem citiem apstākļiem (priekšaugs, organiskā mēslojuma iestrāde u.c.) augsnes minerālā slāpekļa krājumi parasti ir krietni lielāki nekā smilts vai mālsmilts augsnēs. Tādēļ viena un tā paša kultūraugu ražas līmeņa nodrošināšanai smaga granulometriskā sastāva augsnēs jādod mazāk slāpekļa mēslojuma nekā vieglās augsnēs (Timbare, Bušmanis, 2000).

Taču ir zinātnieki (Baumgartel, 2000), kas smilšainās augsnēs iesaka slāpekļa mēslojumu samazināt par 20 kg $ha^{-1}$. Autors iesaka vājiem sējumiem slāpekļa normu palielināt par 20 kg $ha^{-1}$, bet spēcīgiem sējumiem samazināt par 20 kg $ha^{-1}$ slāpekļa. Trūdvielām nabadzīgās augsnēs viņš iesaka slāpekļa normu palielināt par 20 kg $ha^{-1}$, kā arī māla augsnēs tā būtu jāpalielina par 20 kg $ha^{-1}$. Rapša priekšauga ietekmē slāpekļa mēslojums jāsamazina par 20 kg $ha^{-1}$. Pie kam slāpekļa normas palielināšanu iesaka darīt pirmajā slāpekļa mēslošanas reizē, bet samazināšanu iesaka veikt cerošanas fāzes laikā.

C. Vendenburg un H. Koch (Wendenburg, Koch, 1996) raksta, ka arī no ekoloģiskā viedokļa slāpekļa mēslojumu vajadzētu optimizēt. Lai samazinātu slāpekļa izskalošanos no sakņu zonas, slāpekļa nokļūšanu atmosfērā un gruntsūdeņos, ir nepieciešama augu vajadzībai atbilstoša mēslošanas norma, ņemot vērā citus slāpekļa avotus augsnē. Slāpekļa nepieciešamības noskaidrošanai jāņem vērā vairāki faktori, sevišķi augsne, priekšaugs, starpkultūra un organiskais mēslojums, kā papildus barības avoti. Slāpekļa saturs augsnē atrodas patstāvīgā mainībā atkarībā no laika apstākļiem un citiem faktoriem, tāpēc to ir grūti noteikt.

Thi Sen Tran un Gilles Tremblai (Sen Tran, Tremblay, 2000) 1993. – 1994. gados bija iekārtojuši lauka izmēģinājumus ar vasaras kviešiem Kanādā māla augsnē, lai ar iezīmētā slāpekļa ($^{15}N$) palīdzību noskaidrotu optimālu slāpekļa mēslojuma normu un slāpekļa mēslojuma iestrādes laika nozīmi slāpekļa uzņemšanas procesā augos. Izmēģinājumi iekārtoti 1993. un 1994. gadā māla augsnē ar 0, 30, 60, 90, 120, 180 kg $ha^{-1}$ lielām slāpekļa mēslojuma devām. Ekonomiski optimāla slāpekļa norma bija 90 un 120 kg $ha^{-1}$ attiecīgi 1993. un 1994. gadā. Lietojot slāpekļa mēslojumu sējas laikā, tikai 37.8 – 45.7 % 1993. gadā un 23.1 – 30.4 % 1994. gadā iezīmētā slāpekļa nonāca augos, salīdzinājumā ar slāpekļa mēslojuma lietošanu vasaras kviešu karoglapas parādīšanās laikā, kad augi uzņēma 62.1 – 68.4 % 1993. un 41.3 – 50.7 % 1994. gadā no iezīmētā slāpekļa ($^{15}N$). Iezīmētā slāpekļa daudzums vienmēr augstāks bija graudos nekā salmos, lietojot slāpekļa mēslojumu karoglapas parādīšanās laikā.

### 1.4.3. Dažādas metodes slāpekļa mēslojuma normu noteikšanai

V. Zabolockis (Заболоцкий, 1997) raksta, ka modernajā lauksaimniecībā zemkopji jau ir praktiski atteikušies no mēslošanas devu noteikšanas ar tabulu palīdzību, kuras iegūtas ilggadīgu izmēģinājumu rezultātā, un ir pārgājuši uz bilances metodi. Mēslojuma deva aprēķināma ievērojot kultūraugu bioloģiskās vajadzības, pie kam tiek nodrošināta barības vielu nulles bilance vidēji laukam vai darbības iecirknim.

Astoņdesmitajos gados lietuviešu zinātnieki S. Anelauskas, Z. Vaišvila un V. Petratiene nodarbojās ar slāpekļa mēslojuma normu optimizēšanu izmantojot bilances metodi (Anelauskas, Vaišvila, 1981; Petratiene, 1984).

I. Šatilovs, A. Zamarajevs un G. Čapovskaja (Шатилов, Замараев, Чаповская, 1980) pierādīja, ka mēslošanas sistēma, kas balstīta uz ilggadīgiem vidējiem agroklimatiskajiem datiem, ņemot vērā augsnes auglību, deva iespēju iegūt par 0.4 t $ha^{-1}$ augstākas graudu ražas ziemas kviešiem nekā izmantojot rekomendētās mēslojuma normas.

Taču bilances metodei ir vairāki trūkumi, jo vienā laukā var būt atšķirīgi mēslojamas vietas. Tādejādi, V. Zabolockis turpina, ka atsevišķās valstīs aktīvi tiek pētīta jaunākā zemkopības koncepcija, kura ieguvusi nosaukumu "akurātā", "precīzā" zemkopība, jeb "datorizētā" zemkopība. Tā ir iespējama pielietojot modernās informācijas tehnoloģijas un kosmiskās tehnikas sasniegumus (Заболоцкий, 1997).

T. Engel (Engel, 1996) skaidro precīzās saimniekošanas pielietošanas principus. Telpiski dažādas mēslošanas priekšnoteikums ir noskaidrot homogēnas platības atrašanās vietu. Katrai noskaidrotai platības daļai mēslošanas vajadzību nepieciešams rēķināt atsevišķi. Kā pamatu varētu izmantot iepriekšējā gada ražību, ražas potenciālu homogēnai augsnei vai arī ilggadīgo vidējo ražību. Daži zinātnieki lauku kartēšanā izmantoja arī ražas kvalitātes rādītāju – proteīna satura izmaiņas (Bongiovanni, Robledo, Lambert, 2007). Šīs koncepcijas tehniskā pielietošana, palīdzot orientēties ar traktoru telpā un vadīt mēslu izkliedētāju ar bortelektronikas palīdzību ir sasniegusi lietošanas gatavību, kas ar relatīvi nelielām grūtībām atļauj to lietot atsevišķu platību diferencētai apsaimniekošanai. Izmantojot satelītus ar DGPS (Differential Global Positioning System) tiek veikta korekcijas signāla saņemšana. Tehniskā puse ir atrisināta, taču no augkopības un augu barošanās viedokļa ir vairākas problēmas.

J. Staffords raksta (Stafford, 2000), ka precīzā lauksaimniecība kā kultūraugu audzēšanas koncepcija var tikt attīstīta pateicoties apkārtējās vides, ekonomikas, tirgus un sabiedrības spiedienam uz lauksaimniecību.

Angļu zinātnieki (Rahn, Paterson, Vaidyanathan, 1998) 1989. gadā iekārtoja triju lauku augu seku: ziedkāposti – Briseles kāposti – vasaras mieži/ vasaras kvieši, kas bija izvietoti pēc vasaras miežiem. Rezultāti rādīja, ka augsnes minerālais slāpekļa saturs bija lietderīgs rādītājs, nosakot mēslojuma normu, taču ne visos gadījumos. Lai varētu veiksmīgāk izmantot augsnes minerālā slāpekļa saturu mēslojuma normas noteikšanai, autori iesaka izmantot dinamiskos simulācijas modeļus.

Vācu zinātnieks T. Engels. (Engels, 1993) raksta, ka pašreiz $N_{min}$ augsnes pētījumi pavasara devas noteikšanai ir kļuvuši pārāk praktiski. Augsnē viegli pieejamā slāpekļa frakcija veģetācijas perioda laikā ir nozīmīgs nenoteiktības faktors slāpekļa pēcietekmes līmenim. Šajā laikā nosaka augu vajadzību pēc papildmēslojuma (stiebrošanas un vārpošanas devas labībām). Šajā gadījumā praktiķi mēģina slāpekļa mineralizēšanos noteikt pēc klimatiskajiem apstākļiem un sējumu stāvokļa vai arī izmantojot dažādas noteikšanas tabulas. Šāda rīcība bieži vien noved pie kļūdainiem rezultātiem, kas samazina slāpekļa mēslojuma normas noteikšanas precizitāti. Lai pēc

iespējas samazinātu kļūdas vēlās slāpekļa devas noteikšanai, $N_{min}$ – metodi papildina ar nitrātu ātro testu, ar testēšanas palīdzību nosakot nitrātu saturu stiebros labībai kā slāpekļa nepieciešamības indikatoru.

Bez tam pēdējos gados tika izstrādāti aprēķinu modeļi, kas simulē slāpekļa aprites procesus un to ietekmējošus faktorus. Šo modeļu mērķis ir, ņemot vērā aktuālos apstākļus, noteikt slāpekļa nodrošinājumu un vajadzību jebkurā laikā un tādā veidā noteikt mēslojuma daudzumu. T. Engelsa darbā arī tika pārbaudīta šādu modeļu darbība (Engels, 1993).

Lietuvas un Apvienotās Karalistes zinātnieku kopīgos pētījumos (Staugaitis et al, 2007) konstatēta kultūraugu ražas cieša korelācija ar augsnes minerālo slāpekli. Nedaudz mazāka korelācija bija graudu ražai un augsnes nitrātu slāpeklim, bet vismazākā augsnes slāpeklim amonija formā. Kultūraugu ražas cieši korelēja ar augsnes minerālo slāpekli, kas tika mērīts pavasarī (aprīlī) 0 – 60 cm augsnes slānī. Graudaugu ražas un slāpekļa mēslojuma efektivitāte bija atkarīga no augsnes minerālā slāpekļa daudzuma. Kad augsnes minerālā slāpekļa saturs palielinājās, augu raža pieauga, bet minerālmēslu efektivitāte samazinājās. Nosakot pirmo slāpekļa mēslojuma devu pavasarī, būtu jāņem vērā augsnes minerālā slāpekļa daudzums. Papildus slāpekļa mēslojuma devas jānosaka pamatojoties uz augu ķīmiskā sastāva analīzes rezultātiem. Kultūraugi papildus jāmēslo, ja kopējais slāpekļa saturs augu sausnē ir mazāks par 35 g $kg^{-1}$, N: P attiecība mazāka par 9.0 un K: N attiecība lielāka par 0.9.

V.V. Cerling (Церлинг, 1963) rakstīja, ka precīzākā augu barošanās diagnostika ir to ķīmiskā analīze. Slāpekļa satura noteikšana augu zaļajā masā laboratorijās ar Kjeldāla metodi ir dārgs un sarežģīts process, kuram ir nepieciešams speciāls aprīkojums un iemaņas veikt sarežģītas analīzes. Šajā gadījumā tiek noteikts kopējais slāpekļa saturs augos.

Daudz vienkāršāka ir svaigu zaļo augu audu analīze, kuras pamatā ir augu daļu sasmalcināšana un sajaukšana ar 2 % etiķskābes šķīdumu, kura filtrātam tiek pievienoti attiecīgie reaģenti. Veidojas dažādu nokrāsu šķīdumi, kurus salīdzina ar standarta paraugiem. Augu kopslāpekļa saturs dod priekšstatu par barības vielu uzņemšanas un uzkrāšanās procesiem augos, bet audu analīzes rezultātā tiek noteiktas barības vielu rezerves, kas atrodas augos.

Vienkāršāka un ātrāka ir augu stiebru nogriezto posmu analīze. Šādu metodi sauc par ekspresmetodi, jo tā ir pietiekami vienkārša, ātra un precīza. Ekspresmetode var tikt veiksmīgi izmantota slāpekļa papildmēslojuma noteikšanai. G.S. Devtjans kokvilnas nepieciešamību pēc slāpekļa ieteica noteikt izmantojot nitrātu reakciju ar reaģentu – difenilamīns. Nitrātu satura noteikšana var tikt veikta tieši uz lauka. Keramiskā trauciņa padziļinājumā tiek iepilināti daži pilieni reaģenta (0.3 % – tīga difenilamīna šķīduma 80 % sērskābē). Auga stiebra griezuma daļu ievietojot reaģentā un to maisot, pēc krāsu skalas nosaka nitrātu piesātinājumu augu sulā un nepieciešamību pēc slāpekļa mēslojuma. V.V. Cerling (Церлинг, 1963) uzlaboja G.S. Devtjana nitrātu noteikšanas metodi ar difenilamīna palīdzību, piemērojot to kultūraugiem ar lielāku sausnes saturu (graudaugiem). Viņa ieteica starp diviem stikliem ievietot un saspiest aptuveni 1 mm garu, šķērseniski nogrieztu stiebra gabaliņu kopā ar reaģentu (Церлинг, 1963; Ратнер, 1965). Mērījumi veicami piecdesmit augiem no viena un tā paša lauka, pie kam vājāko kā arī labāk attīstīto augu analīze jāveic atsevišķi. Nitrātu klātbūtnes gadījumā veidosies zils krāsojums. Jo vairāk nitrātu, jo intensīvāks zilais tonis. Ja nitrātu saturs ir neliels, veidojas gaiši zila nokrāsa. Ja nitrātu nav, sākumā reakcija ir bezkrāsaina, bet pēc neilga laika auga audi paliek brūni un pēc tam melni, jo koncentrētā sērskābe organiskās vielas pārogļo. Slāpekļa mēslojuma nepieciešamību V.V. Cerling iedalīja septiņās kategorijās:

- slāpeklis nav nepieciešams – šķīdums ātri un intensīvi krāsojas zilgani – melnā krāsā, tonis noturīgs;
- slāpeklis nav nepieciešams – šķīdums uzreiz krāsojas tumši zilā tonī un tas saglabājas noteiktu laiku;
- neliela slāpekļa nepieciešamība – šķīdums krāsojas zilā krāsā, krāsošanās notiek pēc neilga laika;
- vidēja slāpekļa nepieciešamība – krāsojums gaiši – zils un izzūd pēc 2 – 3 minūtēm;
- nepieciešams slāpekļa mēslojums – gaiši – zilā krāsā iekrāsojas tikai nelieli kūlīši;
- stipra slāpekļa nepieciešamība –gaiši – zilās krāsas nelielas pazīmes;
- ļoti stipra slāpekļa nepieciešamība – nav zilās krāsas, audu brūnēšana un pārogļošanās.

J. Ratners (Ратнер, 1965) raksta, ka augu analīzes ekspresmetodes ir piemērotas un nepieciešamas lauksaimniecībā.

Zemkopības institūta zinātniekiem J. Štikānam un V. Osmanim[1] lauka izmēģinājumos ar ziemas rudziem no 1986. līdz 1988. gadam tikai atsevišķos gados izdevās pierādīt slāpekļa mēslojuma diagnostikas efektivitāti izmantojot augu nitrātu satura noteikšanu ar difenilamīnu.

G. Baumgartel (Baumgartel, 2000) raksta, ka, lietojot difenilamīna metodi, nitrātu saturam no 2 lapu fāzes līdz vārpošanas sākumam stiebra pamatnē jābūt 800 – 1000 mg $NO_3$ $kg^{-1}$ zaļmasas. Ja $NO_3$ koncentrācija ir zemāka, jāmēslo ar 40 – 60 kg $ha^{-1}$ N lielu mēslojuma devu.

Viņš piedāvā lietot arī Hydro N – Testeri, kas mēra hlorofila zaļā krāsojuma intensitāti. Šajā gadījumā ir jāņem vērā šķirnes īpašības, jo dažādām šķirnēm var būt dažāda lapu krāsa.

Izmēģinājumos lietojot "Nitrachek" (difenilamīns) un "Hydro N – Tester" metodes, pirmā slāpekļa deva bija noteikta vienāda: 50 kg $ha^{-1}$, jo augu nodrošinājuma ar slāpekli mērījumi bija iespējami tikai pēc cerošanas sākuma. Salīdzinājumā ar $N_{min}$ metodi, variantā ar "Nitrachek" dažos izmēģinājumos cerošanas deva tika dota par 10 – 12 dienām vēlāk, jo augiem šajā laikā (EC 30) vēl bija pieejams pietiekams slāpekļa daudzums. Tas ietekmēja slāpekļa mēslojuma sadalījumu un optimizēja augu slāpekļa barošanos, kā rezultātā tika sasniegtas augstākas ražas.

Paralēli veiktajiem lapu zaļā pigmenta intensitātes mērījumiem ar N – Testeri, tika noteikta slāpekļa mēslojuma norma 180 kg $ha^{-1}$ apmērā. Atšķirībā no nitrātu mērījumiem, hlorofila mērījumos praktiski vienmēr tika noteikta slāpekļa vajadzība parastajos mēslošanas termiņos. Pamatojoties uz nelielo slāpekļa nodrošinājumu, raža un tās kvalitāte palielinājās (Baumgartel, 2000).

Vācu zinātnieks G. Baumgartel (Baumgartel, 2001) raksta, ka mēslošanas normu noteikšanas metode, lietojot datorsistēmas modeli "Minerva", atšķīrās no pārējām metodēm. Pavasara slāpekļa mēslojums, kā arī slāpekļa lietošana stiebrošanas fāzē tika novirzīta uz vēlāku laiku, salīdzinot ar mēslošanu pēc $N_{min}$ metodes. Rezultāti pārsteidza. Ar būtiski zemāku slāpekļa mēslojumu (mazākā N norma bija 90 kg $ha^{-1}$) tika sasniegta tikpat augsta graudu raža. Tikai olbaltumvielu saturs varēja būt lielāks. Šī

[1] Оптимизация норм азотныхудобрений для озимой ржи на основе почвенной и растительной диагностики (1988). Промежуточный отчет темы 0.51.02.01.42 б. Рук. темы Ю.А. Штиканс, В.А. Османис. Скривери: Латвийский НИИЗ, 17 с.

modeļa vadības datos kopproteīna veidošanās bija iestrādāta nepilnīgi. Vēlās normas nelietošana atsaucās arī uz 1000 graudu masu, kas bija zemāka.

Līdzās augstām graudu ražām un slāpekļa efektivitātei, ir ļoti svarīgi, lai dažādas mēslošanas sistēmas sasniegtu augstu precizitāti. Ziemas kviešu izmēģinājumos novērotas ražas līmeņa svārstības līdz pat 14 %. Kopproteīna saturs atšķīrās ne vairāk par 2.2 %. Vērtējot šīs sistēmas, var teikt, ka lietojot datorsistēmu "Minerva' plānotās ražības sasniegšana ir ar mazāku varbūtību, bet "N – Testera" un "Nitracheck" sistēmām novērotas būtiski augstāka plānotās un iegūtās ražas stabilitāte. No 22 izmēģinājumiem var secināt, ka lietotās slāpekļa mēslošanas sistēmas, attiecībā uz lietoto slāpekļa daudzumu, atšķiras ļoti nelielās robežās (Baumgartel, 2001).

Vācu zinātnieks F. Fritsch (Fritsch, 1996) piedāvā lietot modificēto $N_{min}$ – metodi. Izmantojot modificēto $N_{min}$– metodi tiek piedāvātas kultūraugiem nepieciešamās specifiskas kopējās un dalītās devas vērtības. Tās ir atkarīgas no atrašanās vietas – agrotehniskajiem faktoriem, $N_{min}$– satura līdz 60 cm augsnes slānī, slāpekļa mēslojuma vajadzības. Salīdzinājumā ar līdzšinējo paraugu ņemšanas dziļumu, samazinātais parauga dziļums līdz 60 cm palielina $N_{min}$ – metodes pieejamību lauksaimniecībā. Lielākā metodes precizitāte pētītajos kultūraugos izrādījās alus miežiem (īsa veģetācija) un vismazākā ziemas rapsim (strauja attīstība augiem pirms parauga noņemšanas). Vajadzīgās devas noteikšanu ietekmē kā ekoloģiski tā ekonomiskie aspekti. Tādejādi $N_{min}$ – metode ir mēslošanas ieteikumu pamatā Vācijas Federālajā zemē Reinland – Pfalc. Šī metode pastāvīgi tiek pilnveidota jaunām šķirnēm, izmainītiem saimnieciskajiem apstākļiem un praktiskiem mēslošanas paradumiem.

Vēlāk F. Fritsch (Fritsch, 2000) raksta, ka $N_{min}$ analīžu veikšana 0 – 60 cm dziļumā atmaksājas vienmēr.

Ar ekonomiski optimālās slāpekļa mēslojuma normas noteikšanas jautājumiem vasaras kviešiem strādājuši arī zinātnieki D. Baker, L. Young, D. Huggins un W. Pan no ASV Vašingtonas Valsts Universitātes (Baker et al, 2004). Viņi centās noskaidrot slāpekļa mēslojuma normu, pie kuras tiktu iegūta maksimālā peļņa. Pamatojoties uz slāpekļa mēslojuma un graudu ražas cenām, kā arī proteīna saturu graudos, zinātnieki izmantojot multiplo regresiju noteica graudu ražas un slāpekļa mēslojuma un proteīna satura un slāpekļa mēslojuma statistisko mijiedarbību. Tika konstatēts, ka ekonomiski optimālā slāpekļa norma lielā mērā ir atkarīga no slāpekļa mēslojuma, kviešu graudu un proteīna satura piemaksu vērtībām. Pieaugot slāpekļa mēslojuma cenām, samazinājās optimālās normas lielums pie visām graudu iepirkšanas cenām. Ne vienmēr, iegūstot graudus ar lielāku proteīna saturu (virs 14 %) pie palielināta slāpekļa mēslojuma normas, tiks iegūta maksimālā peļņa no vasaras kviešu audzēšanas (Baker et al, 2004).

Vācu zinātnieku grupa (Henke et al, 2007) pētīja slāpekļa mēslojuma optimizācijas precizitāti augsekā: ziemas rapsis – ziemas kvieši – ziemas mieži. Lai palielinātu pētījumu precizitāti, tika lietoti vairāki matemātiskie modeļi: otrās pakāpes polinoma funkcija, lineāra sakarība ar plaknes funkciju, kā arī otrās pakāpes sakarība ar plaknes funkciju, Otrās pakāpes polinoma funkcija bija vērsta uz augstāko optimālā slāpekļa normas vērtību un augstāku slāpekļa bilanci. Ņemot vērā ražas kvalitātes rādītājus, optimālā slāpekļa norma bija krietni augstāka.

Zinātnieki no Lietuvas (Janušauskaite, Mašauskas, 2004) optimālo slāpekļa mēslojuma normu noteica ar regresijas vienādojuma palīdzību, kas aprakstīja slāpekļa mēslojuma un graudu ražas izmaiņu sakarības. Vasaras kviešiem vidēji trijos gados (1999. – 2001.) optimālais slāpekļa mēslojums bija 116 kg $ha^{-1}$ N, kas tika iegūts no regresijas vienādojuma (Janušauskaite, Mašauskas, 2004):

$$y = -0.0001105x^2 + 0.0257x + 2.46, \qquad (2)$$

kur

y – graudu raža, t $ha^{-1}$;

x – slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$.

Lauka izmēģinājumi no 1999. līdz 2001. gadam ar slāpekļa mēslojumu ziemas un vasaras kviešos 'Nandu' iekārtoti četros augšņu tipos: Endocalcari – Epihypogleyic Cambisols viegls smilšmāls, Endocalcari – Epihypogleyic Cambisols smags smilšmāls, Calc(ar)i – Endohypogleyic Luvisols viegls smilšmāls, Orthidystric Albeluvisols viegls smilšmāls. Slāpekļa efektivitāte bija augsta visā izmēģinājumu laikā un tā atšķīrās pa gadiem un augšņu tipiem. Vairumā gadījumu mēslojuma efektivitāti ierobežoja nelabvēlīgi laika apstākļi vai nepietiekama augu aizsardzības līdzekļu lietošana. Vienas un tās pašas slāpekļa mēslojuma normas lietošanas rezultātā graudu raža ziemas kviešiem atšķīrās par 20.1 – 34.1 %, bet vasaras kviešiem graudu ražas līmenis svārstījās mazāk – tikai 3.0 – 18.0 % robežās (Janušauskaite, Mašauskas, 2004).

### 1.4.4. Slāpekļa mēslojuma optimizācija Latvijā

Mēslošanas izmēģinājumu ierīkošana Latvijā notika jau 20. gadsimta sākumā. Līdz 1935. gadam nozīmīgu ieguldījumu agroķīmijas pētījumos deva Latvijas Lauksaimniecības Centrālbiedrība (LLC), kuras pakļautībā bija Priekuļu selekcijas un izmēģinājumu stacija, Lauksaimniecības mašīnu – izmēģinājumu stacija u.c. iestādes. Otrs, lielākais agroķīmijas pētījumu centrs, izveidojās Latvijas Lauksaimniecības akadēmijas Agronomijas fakultātē, kuras mācību spēki noteica agroķīmijas pētījumu virzienus. Kārlis Bambergs (Bambergs, 1932) apkopoja 1911. – 1913. un 1924. – 1930. gados veiktos izmēģinājumus par minerālā mēslojuma atmaksāšanos. Mēslojums atmaksājas, ja ražas pieauguma vērtība pārsniedz ne tikai minerālmēslu vērtību un kredītprocentus, bet sedz arī pārējos ar mēslošanu un ražas pieaugumu saistītos izdevumus (transports, ražas pieauguma kulšana, ievākšana u.t.t.). Slāpekļa mēslojums 12 – 30 kg $ha^{-1}$ vasaras kviešiem no 1 kg N deva 4.3 – 38.0 kg $ha^{-1}$ graudu pieaugumu.

J. Mazvērsītis (Mazvērsītis, 1924) slāpekli ieteica dot dalītā veidā tad, ja tas bija lielākos daudzumos. Tajā laikā uzskatīja, ka slāpekļa minerālmēsli atsevišķos gadījumos nodara ļaunumu augsnei. Smagās augsnēs ir lielāks negatīvais efekts, Bet vieglās augsnēs ir pozitīvs efekts. Tika veikti izmēģinājumi ar dažādiem slāpekļa minerālmēslu veidiem, pētot to efektivitāti.

Tolaik jau bija zināma J. Lībiga teorija, ka augi uzņem barības vielas no šķīstošiem minerālsavienojumiem. Bija zināms arī "Lībiga minimuma likums". Mēslošanas vajadzību noteica pēc Mičerliha formulas, kas tika izveidota pamatojoties uz veģetācijas trauku izmēģinājumiem. Lauka izmēģinājumus, ko 1911. – 1913. gadā organizēja Latvijas Lauksaimniecības Centrālbiedrība, pēc 1924. gada turpināja Latvijas Lauksaimniecības Kamera un Zemkopības ministrija. Šajos izmēģinājumos tika konstatēts, ka raža nepieaug vienmērīgi pieaugot mēslojuma normai. Tāpat pētīja dažādu slāpekļa minerālmēslu ietekmi. Mēslojuma efektivitāte bija atkarīga no augsnes, priekšauga, iepriekšējā mēslojuma, arī no ražas un mēslojuma cenas (Ambainis, 1939; Kulitans, Krūmiņš, Bambergs, 1930).

Pēc 2. Pasaules kara agroķīmisko izpēti veica Centrālā agroķīmijas laboratorija, par kuras vadītāju 1941. – 1964. g. strādāja Oskars Kalniņš. Viņa darbības laikā tika sākta saimniecību augšņu vienlaidus agroķīmiskā izpēte un sastādītas agroķīmiskās kartogrammas. Pēc G. Štobes iniciatīvas tika ieviesta fosfora un kālija noteikšana pēc Engera – Rīma metodes (Bērziņš, 2000).

Izveidojoties Latvijas Valsts agroķīmiskajam dienestam 1964. gadā, attīstījās zinātniski pamatota augšņu agroķīmiskā izpēte. Tika izstrādāti un pilnveidoti ieteikumi augšņu ielabošanai un kultūraugu mēslošanai, kuru īstenošanai tika veikti zinātniskie pētījumi. Lielu ieguldījumu šajā jomā veica P. Bārbalis, kas ar plašu organizatorisku darbu izveidoja visaptverošu lauka izmēģinājumu tīklu, ņemot vērā augšņu un klimatisko apstākļu dažādību (Agroķīmisko ..., 2004; Pakalns, 2006). P. Bārbalis pirmais Latvijā uzsāka daudzfaktoru izmēģinājumus, kuri ļāva rezultātus apstrādāt ar matemātiskām metodēm.

Stendē daudzgadīgajos izmēģinājumos piecu lauku augu sekā: kartupeļi, mieži, auzas, viengadīgā airene un rudzi, ražības izmaiņas tika vērtētas lietojot kvadrātsaknes regresiju (Барбалис, Кротов, 1985):

$$\begin{aligned} y = a_0 + a_1 N + a_2 P + a_3 K + a_4 \sqrt{N} + a_5 \sqrt{P} + \\ + a_6 \sqrt{K} + a_7 \sqrt{N} P + a_8 \sqrt{NK} + a_9 \sqrt{PK}, \end{aligned} \tag{3}$$

kur

y – raža, t $ha^{-1}$;
$a_0$ – brīvais loceklis (raža variantā bez mēslojuma), t $ha^{-1}$;
$a_1$ – $a_9$ – regresijas koeficienti NPK mēslojuma tiešās un mijiedarbības ietekmes novērtēšanai;
N – slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$;
P – fosfora mēslojums, kg $ha^{-1}$;
K – kālija mēslojums, kg $ha^{-1}$.

Miežu ‘Kombainieris’ ražība 1974. – 1976. gados variantā bez mēslojuma vidēji trijos gados bija 3.31 t $ha^{-1}$ graudu, bet minerālā mēslojuma ietekmē mainījās pēc sekojoša principa (Барбалис, Кротов, 1985):

$$y = 3.31 - 0.149N + 0.069P + 0.828\sqrt{N} - 1.347G_2, \tag{4}$$

kur

y – raža, t $ha^{-1}$;
N – slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$;
P – fosfora mēslojums, kg $ha^{-1}$;
$G_2$ – otrais izmēģinājumu gads;

Optimālais slāpekļa mēslojums vasaras miežiem 1974. – 1976. gados bija 90 kg $ha^{-1}$.

Miežu ‘Nadja’ ražība 1979. – 1981. gados mainījās pēc sekojoša principa (Барбалис, Кротов, 1985):

$$y = 2.97 - 0.41N + 0.16K + 1.50\sqrt{N} - 0.38\sqrt{K} - 0.82G_1 + 0.23G_2, \tag{5}$$

kur

y – raža, t $ha^{-1}$;
N – slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$;
K – kālija mēslojums, kg $ha^{-1}$;
$G_1$ – pirmais izmēģinājumu gads;
$G_2$ – otrais izmēģinājumu gads.

Augstākā miežu raža iegūta lietojot 60 – 90 kg $ha^{-1}$ slāpekļa. Lielākā ietekme uz kultūraugu ražu bija slāpekļa mēslojumam, bet fosfora un kālija mēslojumam nebija būtiska nozīme augsnē ar 90 mg $kg^{-1}$ $P_2O_5$ un 235 mg $kg^{-1}$ $K_2O$ saturu. Optimālais slāpekļa mēslojums vasaras miežiem bija 90 kg $ha^{-1}$ N (Барбалис, Кротов, 1985).

Astoņdesmito gadu sākumā P. Bārbaļa vadībā (sadarbībā ar Ernestu Vēveri) Latvijā tika izstrādāta kompleksa kultūraugu barošanās optimizācijas programma "Augsne – raža", kuras ieviešana turpinājās līdz deviņdesmito gadu sākumam. Salīdzinot ar iepriekšējām augu barošanās optimizēšanas metodēm, šī sistēma bija progresīvāka. Tajā tika ņemti vērā vairāku barības vielu uzņemšanu ietekmējoši faktori (Vēvers u.c., 1981; Lauksiamniecības ..., 1991; Agroķīmisko ..., 2004).

Noskaidrots, ka NPK devu un svarīgāko augsnes rādītāju ietekmei uz kultūraugu ražību ir augošs raksturs. Taču ražības pieauguma intensitāte, palielinoties faktora vērtībai, pakāpeniski samazinās, un pie noteiktas vērtības pieaugums vienāds ar nulli. Tālāka faktora vērtības palielināšanās izsauc ražības samazināšanos. Ražības līknes pārliekuma punktam atbilst optimālās mēslojuma normas un augsnes rādītāju vērtības. Visu ražību ietekmējošo faktoru efektivitāte ir savstarpēji saistīta, t.i., mainoties viena faktora vērtībai, mainās ražības pieaugums, kas saistīts ar pārējiem faktoriem. Tādā veidā izpaužas vispārzināmais augšanas faktoru minimuma likums (Daiga u.c., 1990).

Katram kultūraugam tika sastādīti 12 ražības funkciju vienādojumi māla (M), smilšmāla, mālsmilts un smilts (S) velēnu karbonātu un velēnu gleja, velēnu podzolētajām, glejotām un gleja trūdainām augsnēm un viens kūdras augsnēm.
Katram kultūraugam tika sastādīta speciāla tabula, kurā slāpekļa vajadzība aprēķināta trijos līmeņos kā minimāla, ieteicamā un maksimālā slāpekļa (N) norma. Ieteicamā norma noteikta , vadoties no slāpekļa izneses atbilstoši konkrētam ražības līmenim. Starpība starp ieteicamo un minimālo normu, kā arī starpība starp maksimālo un ieteicamo normu parāda pieļaujamās novirzes mēslošanā noteiktā ražu grupā atkarībā no augsnes īpašībām.

Informacionālā skaitļošanas sistēma „Augsne – raža" normatīvo slāpekļa mēslojuma vajadzību noteica diferencēti pa kultūraugiem un augsnes granulometriskā sastāva grupām atbilstoši tehnoloģiskai pakāpei un augsnes nodrošinājumam ar fosforu. Ieteicamā mēslojuma deva tika noteikta, vadoties pēc slāpekļa izneses atbilstoši konkrētam ražības līmenim (Daiga u.c., 1990).

Prasības pēc slāpekļa mēslojuma samazinās, palielinoties kustīgā fosfora saturam augsnē, kaut arī slāpekļa devu absolūtais lielums pieaug. Autori uzskata, ka pastāv korelācija ar trūdvielu saturu augsnē, ar augsnes mikrobioloģisko aktivitāti, kas ietekmē augu iespējas izmantot augsnes slāpekli. Jo augsne bagātāka ar fosforu, jo pilnīgāk tiek izmantots slāpekļa mēslojums, daļu no augu vajadzības pēc slāpekļa sedz augsnes slāpekļa krājumi.

Prasības pēc slāpekļa mēslojuma samazinās, uzlabojoties tehnoloģiskajam līmenim, kaut arī šajā gadījumā slāpekļa devu absolūtais lielums pieaug.

Augu iespējas izmantot slāpekli nosaka augsnes granulometriskais sastāvs – M un sM augsnēs slāpekļa izneses segums ar mēslojumu var būt mazāks nekā mS un S augsnēs.

Informacionālā skaitļošanas sistēmā „Augsne – raža" kultūraugu ražības aprakstīšanai tika izmantoti 1/2 pakāpes polinomi (Daiga u.c., 1990):

$$
\begin{aligned}
Y = {} & a_0 + a_1\sqrt{pH-4} + a_2(pH-4) + a_3\sqrt{P_a-10} + a_4(P_a-10) + a_5\sqrt{K_a-20} + \\
& + a_6(K_a-20) + a_7\sqrt{(pH-4)(P_a-10)} + a_8\sqrt{(pH-4)(K_a-20)} + \\
& + a_9\sqrt{(P_a-10)(K_a-20)} + a_{10}\sqrt{N} + a_{11}N + a_{12}\sqrt{P} + a_{13}P + a_{14}\sqrt{K} + \\
& + a_{15}K + a_{16}\sqrt{NP} + a_{17}\sqrt{NK} + a_{18}\sqrt{PK} + a_{19}\sqrt{(pH-4)} + a_{20}\sqrt{N(P_a-10)} + \\
& + a_{21}\sqrt{N(K_a-20)} + a_{22}\sqrt{P(pH-4)} + a_{23}\sqrt{P(P_a-10)} + \\
& + a_{24}\sqrt{P(K_a-20)} + a_{25}\sqrt{K(pH-4)} + a_{26}\sqrt{K(P_a-10)} + a_{27}\sqrt{K(K_a-20)},
\end{aligned}
\tag{6}
$$

kur

Y – darba nogabalā prognozētais ražības līmenis, cnt $ha^{-1}$;

$a_0$, $a_1$ ... $a_{27}$ – koeficienti, kuri raksturo attiecīgo faktoru efektu;

pH – augsnes rekcija pH KCl;

$P_a$, $K_a$ – kustīgā fosfora ($P_2O_5$) un kālija ($K_2O$) saturs augsnē, mg $kg^{-1}$;

N, P, K – mēslojuma devas, izteiktas darbīgās vielās (N, $P_2O_5$, $K_2O$), kg $ha^{-1}$.

Katram ražības funkcijas loceklim ir noteikta agronomiska interpretācija: $a_0$ – nosaka prognozēto ražību, kuru var sasniegt, ja nelieto mēslojumu (N = P = K = 0), augsne ir skāba (pH KCl = 4.0) ar ļoti zemu fosfora un kālija saturu ($P_a$= 10 mg $kg^{-1}$, $K_a$ = 20 mg $kg^{-1}$); pie šīm argumentu vērtībām visi pārējie ražības funkcijas polinoma locekļi ir vienādi ar 0, izņemot $a_0$.

Tāpat tika ņemtas vērā augsnes agroķīmiskās īpašības – augsnes rekcija pH KCl, kustīgā fosfora ($P_2O_5$) un kālija ($K_2O$) saturs augsnē, un to mijiedarbība.

Vienādojuma locekļi: $a_{11}N; a_{10}\sqrt{N}; a_{16}\sqrt{NP}; a_{17}\sqrt{NK}$ raksturo kultūraugu ražības pieaugumu, kas saistīts ar mēslojumu. Pirmais loceklis nosaka pieauguma lineāro daļu, pārējie trīs – pieauguma nelineāro daļu un slāpekļa minerālmēslu mijiedarbību ar fosfora un kālija mēslojumu (Daiga u.c., 1990).

Informacionālajā skaitļošanas sistēmai „Augsne – raža" bija arī nepilnības. Tajā netika iekļauti pasākumi augu barošanās procesa koriģēšanai veģetācijas periodā. Novirzes barības elementu uzņemšanā, kas radušās nelabvēlīgu meteoroloģisko, agrotehnisko u.c. apstākļu ietekmē, var būt ievērojamas un bez atbilstošu kompensācijas pasākumu – papildmēslojumu pielietošanas, jūtami samazina kultūraugu ražību.

Tajā pat laikā G. Riņķis norādīja, ka esošās metodes galvenokārt izstrādātas fosfora un kālija mēslojumu devu noteikšanai. Mēslojumu aprēķinos nepietiekami atspoguļota augsnes faktora ietekme. Devu noteikšanai izmanto vispārinātus vidējos rādītājus, kas nosaka iegūto rezultātu vispārīgo raksturu (Riņķis, 1995; Rinķis, Ramane, 1989).

Latvijas Universitātes Bioloģijas institūtā astoņdesmitajos gados G. Riņķis izveidoja oriģinālu kompleksu augu minerālās barošanās sistēmu. Tajā izmantotas divas augu barošanās diagnostikas metodes – augsnes un augu analīzes, kā arī citi papildus informācijas avoti – augsnes sastāvs un īpašības, elementu mijiedarbība to uzņemšanas procesā, augšanas vides faktoru (mitruma, temperatūras, apgaismojuma) ietekme u.c. Sistēmas būtība pamatojas uz divām galvenajām atziņām: pirmā – ikviena kultūrauga minerālās barošanās optimizācija sasniedzama tikai tad, ja to vienlaicīgi nodrošina ar visu barības elementu optimāliem daudzumiem; jebkura elementa trūkums ir faktors, kas limitē augu ražību, un šo ietekmi nevar novērst, dodot citu elementu papildus daudzumus; otrā – kultūraugu maksimālās ražas sasniegšanai nepieciešams ne tikai optimāls barošanās režīms, bet arī normāli augsnes mitruma, siltuma, gaismas, gaisa un

kopšanas apstākļi. Visu augu augšanas un attīstības faktoru nozīmīgums ir vienāds, to ietekme savstarpēji saistīta un viena faktora trūkums nav novēršams ar otra pārpilnību.

Neskatoties uz to, ka minētās sistēmas ilgstoši sekmīgi darbojās un pierādīja savu vietu augkopības praksē, to tālākā izmantošana (sevišķi "Augsne – raža") ir problemātiska. Mainījusies lauksaimniecības ražošanas organizatoriskā forma, kultūraugu šķirnes un pielietotā agrotehnika, bet, galvenokārt, mainījusies attieksme pret vides riskiem. Deviņdesmitajos gados uzņēmums "Ražība" izstrādāja ieteikumus agroķīmiskās izpētes materiālu izmantošanai, kuros nosakot slāpekļa minerālmēslojuma normu tika ņemta vērā praktiski tikai plānotā graudu raža, pie kam graudaugiem netika izdalītas atsevišķas kultūraugu sugas (Ieteikumi ..., 1997).

Latvijā tikai deviņdesmito gadu beigās aktualizējās jautājums par slāpekļa un fosfora ietekmi uz apkārtējo vidi. Apkārtējās vides saudzēšana iepriekš nebija prioritāra. Padomju saimniecībās galvenais akcents tika likts uz maksimālu ražu ieguvi praktiski neņemot vērā lauksaimnieciskās ražošanas resursu izmaksas un apkārtējās vides piesārņošanas riskus. Latvijai, iestājoties Eiropas Savienībā, attīstījās likumdošana un pieauga prasības apkārtējās vides kvalitātei. Arī pēdējos gados straujā informācijas tehnoloģiju attīstība ir pieskaitāma pie faktoriem, kas ietekmē cilvēces dzīves līmeni un prasības.

Laukaugu mēslošanu regulē 1999. gadā izstrādātie Labas lauksaimniecības prakses nosacījumi Latvijā (Bušmanis, 1999). Tie ietver vispārīgus minerālmēslojuma lietošanas principus un ieteikumus, taču nesatur normatīvās tabulas.

Eiropas standartiem atbilstošu minerālmēslu lietošanas normatīvu izstrāde Latvijā uzsākta 1997. gadā. 2002. gadā izdota Latvijas – Dānijas kopprojekta "Minerālmēslu un kūtsmēslu normatīvu uzlabošana Latvijā" normatīvu brošūra "Minerālmēslu un kūtsmēslu normatīvu lietošana Latvijā", kurā, izmantojot minerālmēslu normu korekcijas koeficientus, tiek ņemts vērā kultūrauga ražas līmenis, augsnes granulometriskais sastāvs, organiskās vielas daudzums augsnē, priekšaugs, augsnes skābums, zaļmēslojuma un kūtsmēslu iestrāde. Šie normatīvi ir balstīti uz lauka izmēģinājumos iegūtiem rezultātiem. Datu bāzes pamatā esošais nelielais izmēģinājumu skaits ir galvenais šo normatīvu trūkums. Nepilnība ir arī tā, ka rekomendāciju veidošanā tiek izmantots pieņēmums, ka noteiktos apstākļos kultūraugs ir spējīgs producēt noteiktu ražas līmeni, ko apzīmē kā standartražu. Šai standartražai ir noteikta augu barības elementu vajadzība, kg $ha^{-1}$ N, $P_2O_5$ un $K_2O$, kas ir jānodrošina ar mēslošanas līdzekļiem (organiskie un minerālmēsli). Ja audzētā kultūrauga plānotais ražas līmenis ir augstāks vai zemāks par norādīto standartražu, tad augu barības elementu vajadzība tiek proporcionāli palielināta vai samazināta. Šis ir kļūdains pieņēmums, jo agroķīmijas zinātne un prakse sen ir pierādījusi, ka mēslojuma ietekmē raža pieaug (samazinās) nelineāri. Turpmākajā optimālo mēslošanas normu noteikšanas gaitā šo rekomendāciju autori izmanto nākošo pieņēmumu. Ja kultūrauga augšanas apstākļi atšķiras no vēlamajiem, tad par noteiktu lielumu tiek koriģēta lietojamo barības elementu norma. Piemēram, ja kāds vēlēsies smilts augsnē, ar organisko vielu saturu mazāku par 1.5 % un pH KCl mazāku par 5.0 audzēt ziemas kviešus un iegūt 6.0 t $ha^{-1}$ graudu ražu, tad sistēma nebrīnīsies, ka tas principā agronomiski ir nereāli, bet tikai ieteiks nedaudz palielināt NPK mēslošanas normu, salīdzinot ar standarta apstākļiem paredzēto (Kārkliņš, 2004).

Par Latvijā vienu no jaunākajām slāpekļa mēslojuma rekomendācijām var uzskatīt 2008. gadā Latvijas Republikas Zemkopības ministrijas izdoto "Kultūraugu mēslošanas plāna izstrādes metodiku" (Kultūraugu mēslošanas plāna izstrādes metodika, 2008). Kultūraugu mēslošanas plānošanas uzdevums ir sastādīt saimniecības apstākļiem piemērotu optimālu kultūraugu mēslošanas shēmu, lai sasniegtu plānoto

ražības līmeni, racionāli izmantojot visus ražošanas resursus, tai skaitā arī mēslošanas līdzekļus. Kultūraugu mēslošanas plāna mērķis ir nodrošināt ekonomiski izdevīgas ražas iegūšanu nodrošinot produkcijas kvalitāti, saglabāt augsnes auglību, novērst barības elementu zudumus un vides piesārņojumu.

Nitrātu Direktīva ("Eiropas Padomes direktīva 1991/676/EEK (1991.gada 12. decembris), kas attiecas uz ūdeņu aizsardzību pret piesārņojumu ar nitrātiem, ko rada lauksaimnieciskās izcelsmes avoti") un Labas Lauksaimnieciskas Prakses noteikumi ir normatīvi mēslojuma lietošanai lauksaimniecībā un dārzeņkopībā. Šie noteikumi ir izstrādāti, lai samazinātu mēslošanas līdzekļu radīto piesārņojumu augsnē un ūdenī. Zemniekiem netiek pieprasīts rēķināt ikgadējo barības vielu bilanci, kā tas ir daudzās Eiropas Savienības valstīs. Noteikumi satur vispārēja rakstura konsultācijas un standartus gan organisko, gan minerālmēslu lietošanai.

Vieni no nozīmīgākajiem normatīviem aktiem ir MK 18.12.2001. noteikumi Nr. 531 "*Noteikumi par ūdens un augsnes aizsardzību no lauksaimnieciskas darbības izraisītā piesārņojuma ar nitrātiem*." (LV 28.12.2001.), kuri reglamentē ne tikai prasības par ūdens un augsnes aizsardzību pret attiecīgo piesārņojumu, bet arī nosaka īpaši jūtīgas teritorijas, uz kurām attiecas paaugstinātas prasības ūdens un augsnes aizsardzībai pret piesārņojumu ar nitrātiem. Tie izdoti saskaņā ar likuma "Par piesārņojumu" 11. panta otrās daļas 3. punktu, 18. panta otrās daļas 2. punktu un trešās daļas . punktu. Tos var uzskatīt par Eiropas Savienības Nitrātu direktīvas (91/676/EEC) Latvijas ekvivalentu. Tajos minētie noteikumi mēslošanas līdzekļu lietošanā izmantojami mēslošanas līdzekļu optimizācijā un lietošanas rekomendācijās.

Noteikumi reglamentē īpaši jutīgas teritorijas, uz kurām attiecas paaugstinātas prasības ūdens un augsnes aizsardzībai no lauksaimnieciskas darbības izraisītā piesārņojuma ar nitrātiem, un to robežas, t.i. Dobeles, Bauskas, Jelgavas un Rīgas rajona administratīvās teritorijas, izņemot Rīgas un Jūrmalas pilsētas administratīvās teritorijas robežu.

Šajos noteikumos formulētie nosacījumi slāpekli saturošo mēslošanas līdzekļu lietošanā jāizmanto sastādot mēslošanas rekomendācijas katram saimniecības laukam, ņemot vērā tādu lauku specifiku, kā:

1. vides apstākļus; klimatiskie apstākļi, nokrišņu daudzums, meliorācijas veids un meliorēto platību apjoms;
2. zemes izmantošanas praksi, augu sekas un augu maiņu;
3. prognozējamo kultūraugu prasību pēc augu barības elementiem;
4. slāpekļa daudzumu, ko kultūraugi saņems no augsnes un ar mēslošanas līdzekļiem, un kas atbilstu:
    - slāpekļa daudzumam, kas atrodas augsnē brīdī, kad augs sāk to izmantot nozīmīgā daudzumā (ziemas beigās);
    - slāpekļa daudzumam, kas rodas augsnē, mineralizējoties organiskā slāpekļa savienojumu rezervēm;
    - kūtsmēslos esošajam izmantojam slāpekļa daudzumam;
    - minerālmēslos un cita veida mēslojuma sastāvā esošajam izmantojamam slāpekļa daudzumam.

Mēslošanas rekomendācijām un administratīvās kontroles mehānismam jānodrošina, lai katrā saimniecībā lauksaimniecībā izmantojamās platībās iestrādātais minerālā un organiskā mēslojuma daudzums gadā nepārsniegtu 170 kg slāpekļa uz hektāru.

Minētie noteikumi un tajos iekļautie kritēriji ir LR politiskā vēlme mazināt lauksaimnieciskās ražošanas radīto (potenciālo) slodzi vidē. To ietērpšana agronomiski,

ekonomiski un no vides viedokļa reāli darbojošās mēslošanas līdzekļu lietošanas rekomendācijās ir uzdevums, kura realizācijai būs nepieciešami pētījumi un izstrādes. Patreiz rīcībā esošie dati ir gaužām nepietiekoši šī uzdevuma realizācijai (Kārkliņš, 2004).

# 2. MATERIĀLI UN METODES

## 2.1. Izmēģinājuma vieta un klimatiskie apstākļi

Laika posmā no 1999. līdz 2001. gadam tika ierīkoti 17 lauka izmēģinājumi ar vasaras kviešu (*Triticum aestivum* L.) šķirni 'Munk' divu veidu granulometriskā sastāva augsnēs: mālsmilts un smilšmāla pēc trim dažādiem priekšaugiem: kartupeļiem, zālaugiem un graudaugiem. Izmēģinājumi iekārtoti Skrīveros, Zemkopības zinātniskā institūta teritorijā velēnu podzolaugsnē un velēnpodzolētā glejotā augsnē. Šādu apakštipu augsnes aizņem lielāko daļu no lauksaimniecībā izmantojamās zemes Latvijas teritorijā, no kuras smilšmāla augsnes sastāda 24.83 % bet mālsmilts augsnes – 21.25 % (Skromanis, Reinfelde, Timbare, 1994).

Zemkopības zinātniskais institūts atrodas Latvijas centrālajā daļā, šosejas Rīga – Daugavpils 81. kilometrā Skrīveros (skat. 2.1. att.). Viegla granulometriskā sastāva– mālsmilts augsnē izmēģinājumi tika ierīkoti šosejas Daugavpils – Rīga labajā pusē 1.3 km attālumā no Zemkopības zinātniskā institūta galvenās ēkas ar vidējām ģeogrāfiskajām koordinātām 56°37'75" ziemeļu platuma un 25°06'55" austrumu garuma. Izmēģinājumi smilšmāla augsnē tika izvietoti šosejas Skrīveri – Madliena sestajā kilometrā ar vidējām ģeogrāfiskajām koordinātām 56°41'67" ziemeļu platuma un 25°08'52" austrumu garuma. Attālums starp izmēģinājumiem dažāda granulometriskā sastāva augsnēs bija aptuveni 9 km (2.1. att.).

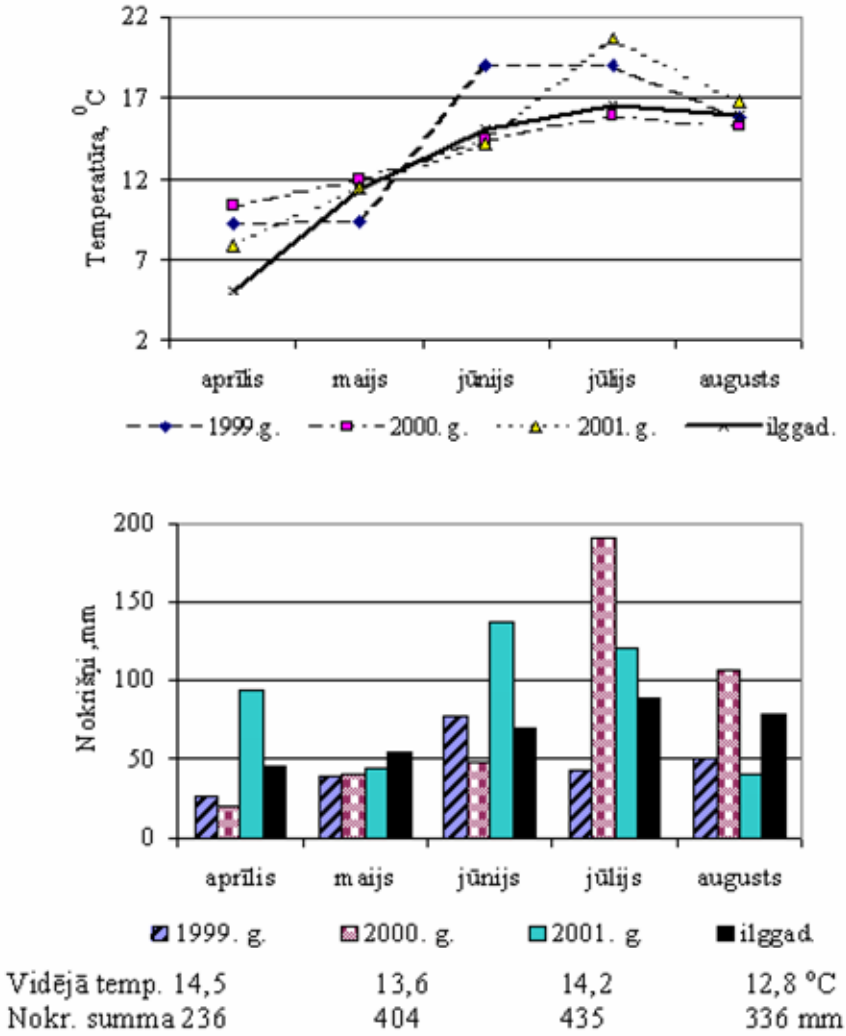
2.1. att. Izmēģinājumu lauku atrašanās vietas 1999. – 2001. g.[2]

Zemkopības zinātniskais institūts (ZZI) atrodas Latvijas vidienē, apmēram uz robežas starp Vidzemes mēreni vēso un Austrumlatvijas mēreni silto agroklimatisko apakšrajonu. Vidējo gaisa temperatūru, kas pārsniedz 5 °C, summa te ir 2200 – 2300 °C. Tas ir mazāk nekā Latvijas dienvidu rajonos, bet vairāk nekā Vidzemes un Alūksnes augstienēs. ZZI klimatiskos rādītājus labi raksturo Skrīveru meteoroloģiskā stacija, kas atrodas Skrīveros, 1 – 5 km attālumā no izmēģinājumu laukiem. Siltais

[2] Latvijas karte [tiešsaiste] [skatīts 2009. g. 18. maijā]. Pieejams: http://www.1188.lv/karte/

periods, kurā vidējā gaisa temperatūra pārsniedz 5 °C, vidēji ilgst 176 – 181 dienas. Pastāvīgās sniega segas sairšana ir ap 27. martu, bet izveidošanās ap 15. decembri. Veģetācijas periods parasti sākas aprīļa trešajā dekādē un vidēji ilgst 180 – 200 dienas. Vidējā gada nokrišņu summa ir 660 – 750 mm. Hidrotermiskais koeficients ir no 1.5 līdz 1.7 (Boruks, Kārkliņš, Nikodemus, 2002; Агроклиматические ..., 1971).

Gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma izmaiņas augu veģetācijas perioda laikā no 1999. līdz 2001. gadam, salīdzinājumā ar ilggadīgiem novērojumiem ir parādītas 2.2. attēlā.




2.2. att. Vidējā gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums no 1999. līdz 2001. gadam salīdzinājumā ar ilggadīgiem novērojumiem (LVĢMC Skrīveru stacija).

Vasaras kvieši, īsā veģetācijas perioda dēļ, ir daudz prasīgāki un jutīgāki pret apkārtējās vides faktoriem un to izmaiņām nekā ziemas kvieši. Tādejādi jau nelielas meteoroloģisko apstākļu novirzes no ilgadīgiem vidējiem var nozīmīgi ietekmēt vasaras kviešu ražas līmeni un tās kvalitāti to audzēšanas reģionā.

Vidējā diennakts gaisa temperatūra 1999. gadā tikai veģetācijas perioda sākumā bija zemāka nekā ilggadīgos novērojumos (2.2. att., 1. pielikums). Turpmākajā augu veģetācijas periodā vidējā gaisa temperatūra bija par 1.7 °C augstāka nekā parasti. Īpaši silts laiks bija jūnijā un jūlijā, kad diennakts vidējā gaisa temperatūra svārstījās ap 19 °C. Savukārt nokrišņu ziņā 1999. gada veģetācijas periods Skrīveros bija krietni

sausāks nekā parasti. Nokrišņu summa piecos augu veģetācijas mēnešos bija par 100 mm mazāka nekā ilggadīgos novērojumos (2.2. att., 2. pielikums). Nokrišņu trūkumu augi īpaši izjuta jūlijā – graudu veidošanās un nobriešanas laikā. Nokrišņu summa šajā mēnesī bija gandrīz divas reizes mazāka par normu, kas līdzās augstai gaisa temperatūrai varēja būt viens no būtiskākajiem iemesliem pazeminātai vasaras kviešu ražai un, it īpaši, sliktai graudu kvalitātei.

Izmēģinājumu nākošais, 2000. gads izrādījās vēss un mitrs. Šādi laika apstākļi noteikti kavēja vasaras kviešu augšanu un attīstību. Lai arī vidējā gaisa temperatūra 2000. gada veģetācijas perioda laikā bija nedaudz augstāka nekā ilggadīgos novērojumos, dienas bija vēsākas nekā parasti, kā rezultātā augu fizioloģisko procesu norises ātrums dienā bija ierobežots (2.2. att., 1. pielikums). Šādi apstākļi tika novēroti vasaras kviešu veģetatīvās masas veidošanās laikā – jūnijā, jūlijā, kā arī augustā. Vasaras kviešu veģetācijas laikā tika novērots arī tiem nelabvēlīgs nokrišņu sadalījums. Veģetācijas perioda pirmajā pusē, kad augiem vairāk nepieciešams mitrums, nokrišņu summa mēnesī bija mazāka kā parasti (2.2. att., 2. pielikums). Veģetācijas perioda otrajā pusē, kad mitrums augiem vajadzīgs mazāk, Skrīveru Meteoroloģiskā stacijā fiksēts īpaši liels nokrišņu daudzums, kas jūlijā sasniedza 190 mm un ilggadīgo novērojumu vidējo rādītāju pārsniedza pat vairāk nekā divas reizes.

Trešajā izmēģinājumu gadā vasaras kviešu veģetācijas laikā vidējā diennakts gaisa temperatūra bija augstāka nekā ilggadīgos novērojumos (2.2. att., 1. pielikums). Augsta dienas gaisa temperatūra novērota kviešu ziedēšanas laikā, kas varēja ietekmēt vasaras kviešu ražu un tās kvalitāti. Līdzās augstai gaisa temperatūrai, jūnijā un jūlijā novērots arī pārmērīgi liels nokrišņu daudzums (2.2. att., 2. pielikums). Graudu formēšanās laikā stipras lietus gāzes un brāzmains vējš saveldrēja labāk attīstītos sējumus. Tveicīgos laika apstākļos un saveldrētos sējumos veidojās labvēlīgi apstākļi slimību attīstībai un izplatībai, kas zināmā mērā negatīvi ietekmēja graudu ražu un kvalitāti. Saveldrētos sējumos samazinās arī saules enerģijas izmantošanās, kā arī gāzu apmaiņa starp augu un apkārtējo vidi, kam ir liela nozīme augu augšanai un attīstībai.

Datu matemātiskā analīze pierāda agrometeoroloģisko laika apstākļu būtisko nozīmi ($P_{1999.-2001.} = 0.000<0.05$) vasaras kviešu graudu ražas veidošanā (9. pielikums). Vērtējot katru izmēģinājuma gadu atsevišķi, būtiska atšķirība bija tikai starp 1999. un 2001. gadiem ($P_{1999./2001.} = 0.007<0.05$). 2000. gada apstākļu kopējā ietekme uz vasaras kviešu graudu ražas veidošanos matemātiski būtisku atšķirību no abiem pārējiem izmēģinājumu gadiem neuzrādīja ($P_{1999./2000.} = 0.272>0.05$; $P_{2000./2001.} = 0.264>0.05$) (9. pielikums).

Kopumā izmēģinājumu laikā agrometeoroloģiskie laika apstākļi bija ar izteiktām novirzēm no ilggadīgajiem vidējiem rādītājiem, kas ietekmēja vasaras kviešu ražu un tās kvalitāti.

## 2.2. Izmēģinājumu apraksts

Izmēģinājuma varianti sakārtoti četros atkārtojumos ar ierobežoto randomizācijas metodi. Nejauši izvēloties slāpekļa mēslojuma variantu izkārtojumu, tika sekots, lai viens un tas pats slāpekļa variants nebūtu blakus lauciņos (2.3. att.).

Mālsmilts augsne

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1 | 6 | 5 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| 6 | 2 | 3 | 7 | 1 | 5 | 4 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

priekšaugs – graudaugui

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1 | 6 | 5 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| 6 | 2 | 3 | 7 | 1 | 5 | 4 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

priekšaugs – zālaugi

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1 | 6 | 5 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| 6 | 2 | 3 | 7 | 1 | 5 | 4 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

priekšaugs – kartupeļi

Smilšmāla augsne

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1 | 6 | 5 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| 6 | 2 | 3 | 7 | 1 | 5 | 4 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

priekšaugs – graudaugi

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1 | 6 | 5 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| 6 | 2 | 3 | 7 | 1 | 5 | 4 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

priekšaugs – zālaugi

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1 | 6 | 5 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| 6 | 2 | 3 | 7 | 1 | 5 | 4 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

priekšaugs – kartupeļi

2.3. att. Izmēģinājumu variantu izvietojuma shēma.

1. N = 0 kg $ha^{-1}$; 2. N = 50 kg $ha^{-1}$; 3. N = 100 kg $ha^{-1}$; 4. N = 150 kg $ha^{-1}$; 5. N = 200 kg $ha^{-1}$; 6. N = 250 kg $ha^{-1}$; 7. N = diagnostikas kg $ha^{-1}$

Izmēģinājumos vasaras kvieši (šķirne 'Munk') iesēti aprīļa beigās ar izsējas normu 600 dīgtspējīgas sēklas uz 1 $m^2$, pirms sējas iestrādājot 60 kg $ha^{-1}$ $P_2O_5$ vienkāršā superfosfāta veidā un 90 kg $ha^{-1}$ $K_2O$ kālija hlorīda veidā, kas augsnē kompensē ar vismaz 6.5 t $ha^{-1}$ lielas graudu ražas iznestās barības vielas (Kārkliņš, 2001). Graudu kodināšanai pirms sējas tika izmantota pieskares un sistēmas iedarbības sēklu kodne 'Vincits' *(flutriafols, 25 g $L^{-1}$ un tiabendazols, 25 g $L^{-1}$)* 2 L $t^{-1}$. Nezāļu ierobežošanai izmantots herbicīds 'Granstar' (*metil-tribenurons, 750 g $kg^{-1}$*) ar normu 15 g $ha^{-1}$, lietojot kopā ar bezjonu virsmas aktīvo vielu. Slimību ierobežošanai kviešu stiebrošanas fāzē lietots sistēmiskas iedarbības fungicīds 'Tango' (*epoksikonazols, 125 g $L^{-1}$ un tridemorfs, 375 g $L^{-1}$*) ar normu 0.8 L $ha^{-1}$. Laputu ierobežošanai, kuru masveida izplatība bija vērojama 1999. gadā, tika lietots sistēmas iedarbības insekticīds Bi – 58 (*dimetoāts, 380 g $L^{-1}$*) ar lietošanas normu 1.0 L $ha^{-1}$.

Kopējā viena lauciņa platība bija 45 $m^2$ (3 m × 15 m), bet uzskaites platība bija 32.8 $m^2$. Raža tika vākta ar tiešo kombainēšanu, lietojot mazgabarīta graudu kombainu 'Sampo 500'. No katra lauciņa nokultie graudi tika nosvērti un no tiem ņemts vidējais graudu paraugs tālākai to strukturālai un ķīmiskai analīzei.

### 2.2.1. Slāpekļa mēslojuma varianti

Pavisam izmēģinājumos tika pārbaudīti septiņi slāpekļa mēslojuma varianti (no 0 līdz 250 kg $ha^{-1}$) t. sk. slāpekļa mēslojuma diagnostikas variants ar difenilamīna metodi. Lai izmēģinājumos iegūtie rezultāti būtu ērti izmantojami to tālākai matemātiskai apstrādei (dispersijas analīzei, regresijas vienādojuma sastādīšanai), tika izvēlēts vienāds slāpekļa mēslojuma normas pieaugums – 50 kg $ha^{-1}$. Variants bez slāpekļa mēslojuma ierīkots priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva dabīgā fona ietekmes izvērtēšanai. Pirms vasaras kviešu sējas augsnē tika iestrādāti 60 % no paredzētās slāpekļa mēslojuma normas amonija nitrāta ($NH_4NO_3$) veidā, kurā slāpekļa tīrviela sastādīja 34.4 %. Otra slāpekļa mēslojuma deva, 40 % apjomā, izkliedēta vasaras kviešu cerošanas fāzes beigās – stiebrošanas sākumā (EC 29) 2.1. tabula.

2.1. tabula

**Slāpekļa mēslojuma varianti 1999. – 2001. gadā**

| Varianta Nr. | Apzīmējums | Slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | pirms sējas | fāzē EC 29 | kopā |
| 1. | N 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2. | N 50 | 30 | 20 | 50 |
| 3. | N 100 | 60 | 40 | 100 |
| 4. | N 150 | 90 | 60 | 150 |
| 5. | N 200 | 120 | 80 | 200 |
| 6. | N 250 | 150 | 100 | 250 |
| 7. | N diag. | 60 | 2.2. tab. | 2.2. tab. |

Kopumā izmēģinājumu triju gadu laikā ierīkoti 476 izmēģinājumu lauciņi: katram no sešiem slāpekļa mēslojuma variantiem un vienam slāpekļa diagnostikas variantam – 68 lauciņi. Pēc katra izmēģinājumos iekļautā priekšauga smilšmāla un mālsmilts augsnēs iekārtoti 12 lauciņi ar attiecīgu slāpekļa mēslojuma normu. Izņēmums bija izmēģinājumu ierīkošanas pirmais gads, kad tehnisku iemeslu dēļ

smilšmāla augsnē nebija iespējams izmēģinājumu lauciņus ierīkot pēc kartupeļiem, kā rezultātā triju gadu laikā smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem katram slāpekļa mēslojuma variantam ierīkoti 8 lauciņi.

Līdz ar sešiem fiksētiem slāpekļa mēslojuma variantiem, izmēģinājumos tika iekļauts variants ar mainīgu mēslojuma normu, vasaras kviešu slāpekļa nodrošinājuma diagnostikai. Pirmajā iestrādes reizē slāpekļa mēslojuma deva šajā variantā bija 60 kg $ha^{-1}$ slāpekļa, bet papildmēslojuma deva tika noteikta, lietojot difenilamīna ekspresmetodi. Difenilamīna ekspresmetode, kas balstīta uz nitrātu daudzuma noteikšanu augu stiebra apakšējā daļā, izmantojama otrās un trešās slāpekļa mēslojuma devas noteikšanai.

Diagnostikas variantā kviešu cerošanas fāzes beigās (EC 29) iestrādātā slāpekļa mēslojuma papilddevas lielumu, kā arī kopējo iestrādāto slāpekļa mēslojuma daudzumu atspoguļo 2.2. tabula.

2.2. tabula

**Slāpekļa mēslojuma otrā un kopējā deva diagnostikas variantā, kg $ha^{-1}$**

| Augsne | Pēc graudaugiem | | Pēc kartupeļiem | | Pēc zālaugiem | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | EC 29 | Kopā | EC 29 | Kopā | EC 29 | Kopā |
| 1999. gads | | | | | | |
| Mālsmilts | 25.5 | 85.5 | 24.0 | 84.0 | 26.0 | 86.0 |
| Smilšmāls | 26.4 | 86.4 | 0.0 | 60.0 | 7.0 | 67.0 |
| 2000. gads | | | | | | |
| Mālsmilts | 15.0 | 75.0 | 19.0 | 79.0 | 19.5 | 79.5 |
| Smilšmāls | 12.0 | 72.0 | 17.0 | 77.0 | 11.5 | 71.5 |
| 2001. gads | | | | | | |
| Mālsmilts | 13.0 | 73.0 | 17.0 | 77.0 | 10.0 | 70.0 |
| Smilšmāls | 20.0 | 80.0 | 15.0 | 75.0 | 15.0 | 75.0 |

Slāpekļa papildmēslojuma normas noteikšanas difenilamīna ekspresmetodes gaita aprakstīta šīs nodaļas 2.4. apakšnodaļā.

### 2.2.2. Izmēģinājumu augsnes

Izmēģinājumi tika ierīkoti divu veidu granulometriskā sastāva augsnēs: smilšmālā un mālsmiltī. Izmēģinājumu augšņu agroķīmisko rādītāju salīdzinājumu attēlo 2.3. tabula (3. pielikums). Augsnes skābums mālsmilts augsnē bija no pH KCl 5.7 līdz 5.9, bet smilšmāla augsnē – no pH KCl 5.7 līdz 6.4. Mālsmilts augsnē vasaras kviešiem pieejamais fosfors ($P_2O_5$) svārstījās vidēji no 121.9 līdz 160.2 mg $kg^{-1}$ augsnes, atkarībā no priekšaugiem, bet smilšmāla augsnē kviešiem izmantojamais fosfors svārstījās vidēji no 65.5 līdz 172.5 mg $kg^{-1}$ augsnes. Ar augiem izmantojamo kāliju ($K_2O$) vasaras kvieši labāk bija nodrošināti smilšmāla augsnē un tā saturs svārstījās vidēji no 140.4 līdz 214.0 mg $kg^{-1}$ augsnes. Mālsmilts augsnē augiem izmantojamais kālijs atkarībā no priekšauga bija vidēji no 81.8 līdz 119.2 mg $kg^{-1}$ augsnes. Šādi augsnes agroķīmiskie rādītāji atbilst kviešu audzēšanas prasībām.

Augšņu granulometrisko sastāvu raksturo 2.4. tabula. Izmēģinājumos iekļauto augšņu granulometriskais sastāvs tika noteikts ar pipetēšanas metodi Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Augšņu laboratorijā un

klasificēts gan pēc N. Kačinska (Качинский, 1965), gan pēc FAO metodes (Augsnes diagnostika un apraksts, 2008).

2.3. tabula

**Augšņu agroķīmiskie rādītāji, vidēji 1999. – 2001. g. (0 – 20 cm)**

| Priekšaugs | pH KCl | Org. v., g $kg^{-1}$ | $P_2O_5$ mg $kg^{-1}$ | $K_2O$ mg $kg^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|
| mS | | | | |
| Zālaugi | 5.9 | 23.9 | 160.2 | 119.2 |
| Kartupeļi | 5.7 | 21.3 | 131.4 | 101.7 |
| Graudaugi | 5.8 | 23.9 | 121.9 | 81.8 |
| sM | | | | |
| Zālaugi | 6.4 | 30.5 | 172.5 | 214.0 |
| Kartupeļi | 6.0 | 38.4 | 65.5 | 140.4 |
| Graudaugi | 5.7 | 23.6 | 95.7 | 161.0 |

Augsnes granulometriskā sastāva noteikšanas metode balstās uz daļiņu nosēšanās (grimšanas) ātrumu škidrā vidē, kuru izsaka Stoksa formula. Zināmā laikā noteikta lieluma frakcijas ūdens vidē nosēžas noteiktā dziļumā. Iesūcot ar pipeti ~ 25 ml no uzduļķotās suspensijas, izžāvējot to un attiecinot absolūti sausu masu pret analīzei ņemto absolūti sausu augsnes iesvaru, kā arī zinot kopīgo suspensijas daudzumu cilindrā, var aprēķināt dažāda lieluma daļiņu procentuālo daudzumu augsnē. No 2.4. tabulas izriet, ka izmēģinājumos iekļautā smagākā granulometriskā sastāva augsne pēc N. Kačinska metodes (Качинский, 1965) bija atbilstoša smilšmāla augsnes iedalījumam, bet pēc starptautiskās FAO metodes – putekļainam smilšmālam. Izmēģinājumos iekļautā viegla granulometriskā sastāva augsne pēc Kačinska metodes bija atbilstoša mālsmilts augsnes iedalījumam, bet pēc FAO – smagai mālsmiltij.

2.4. tabula

**Augšņu granulometriskais sastāvs, %**

| Frakcijas, mm | | Smilšmāla augsnes horizonti, cm | | | Mālsmilts augsne | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 – 25 | 25 – 44 | 44 – 85 | 0 – 32 | 32 – 58 |
| Smilts | 2 -1 | 1.4 | 1.7 | 3.7 | 1.4 | 1.6 |
| | 1 – 0.63 | 1.8 | 2.3 | 3.6 | 1.7 | 1.7 |
| | 0.63 – 0.2 | 12.1 | 13.0 | 20.1 | 10.2 | 12.6 |
| | 0.2 – 0.05 | 12.3 | 18.5 | 24.0 | 41.3 | 40.9 |
| | kopā | 27.6 | 35.5 | 51.4 | 54.5 | 56.8 |
| Putekļi | 0.05 – 0.01 | 42.2 | 41.5 | 28.0 | 33.5 | 32.9 |
| | 0.01 – 0.002 | 11.9 | 10.1 | 14.3 | 11.2 | 9.7 |
| Māls | <0.002 | 18.3 | 12.9 | 6.3 | 0.8 | 0.6 |
| Pēc Kačinska | | vidējs smilšmāls | viegls smilšmāls | viegls smilšmāls | mālsmilts | mālsmilts |
| Pēc FAO | | putekļains smilšmāls | putekļains smilšmāls | smaga mālsmilts | smaga mālsmilts | smaga mālsmilts |

Mālsmilts augsnes (mS) apraksts

Vispārīgas ziņas par profilu un tā atrašanās vietu

| | |
|---|---|
| Reģistrācijas Nr. | AI 0001 |
| Apraksta autori | A. Jermušs, A. Boruks |
| Augsnes apraksta datums | 1999. gada 25. augusts. |
| Velēnu podzolaugsne | PVv (Latvijas klasifikators, 2009) |
| Haplic Luvisol | Pasaules augšņu klasifikators, 2006 |
| Atrašanās vieta | Skrīveru novads, Zemkopības institūta ciems, mājas ”Okņas” 200 m DR virzienā |
| Ģeogrāfiskās koordinātas | 56°37'75" N un 25°06'55" E |
| Fizioģeoloģiskais rajons | Viduslatvijas zemiene, Madlienas nolaidenuma DR daļa |
| Topogrāfija | Morēnas līdzenums, taisnas nogāzes augšējā daļa, Z ekspozīcija, kritums 2° |
| Erozija | Nav vērojama |
| Dabiskā drenētība | Vidēji labi drenēta, pārplūšana nav iespējama, vairumā gadu īslaicīgi piesātināta ar ūdeni, gruntsūdens līmenis – dziļāk par 100 cm |
| Klimats | Gada nokrišņu summa – 680 mm, vidējā gaisa temperatūra 5.5 °C, veģetācijas periods 230 dienas |
| Augsnes klimats | *Frigid* temperatūras un *udic* mitruma režīms |
| Cilmiezis | Glaciālie nogulumi, morēnas smilšmāls |
| ZLV, veģetācija | Augmaiņas lauka kultūraugi |
| Cilvēka ietekme | Mākslīgā drenāža darbojas normāli (segtā sistēma, 1974. gadā), periodiska aršana un mēslošanas līdzekļu lietošana, kaļķošana. |

Augsnes profila morfoloģiskais apraksts.

Ap 0 – 32 cm Brūna (7.5YR 4/2, mitra) smaga mālsmilts; ļoti nedaudz smalkas un vidējas grants izmēra skeleta daļiņu, ko veido noapaļoti mazsadēdējuši laukšpati un kvarcs; struktūra sīka, noapaļota kubiska; organiskā viela 22 g $kg^{-1}$; mitras augsnes konsistence irstoša, nav lipīga, nav plastiska; porainība – augusta, vidēji daudz sīkas poras un sīkas un vidēja lieluma ejas; vidēji daudz sīku sakņu; augsnes reakcija vāji skāba pH KCl 5.93; pH $H_2O$ 5.85 ); robeža pārejai nākamajā horizontā viļņota un skaidra.

AEB 32 – 58 cm Dzeltenbrūna (10YR 5/4, mitra) smaga mālsmilts; nedaudz smalkas un vidējas grants izmēra skeleta daļiņu, ko veido noapaļoti vidēji sadēdējuši laukšpati un kvarcs; struktūra vāji izteikta, sīkgraudaina; ieslēgumi kā plankumi no trūdvielu horizonta; konsistence nav lipīga, nav plastiska; vidēji daudz sīkas poras; maz augu sakņu; pH KCl 5.83; pH $H_2O$ 5.70; horizonta pāreja neregulāra, pakāpeniska.

B 58 – 72 cm Dzeltenbrūna (10YR 5/6 mitra) smalka smilts ar brūnām dzelzs konkrēcijām; nedaudz smalkas un vidējas grants izmēra skeleta daļiņu, ko veido noapaļoti vidēji sadēdējuši laukšpati un labi

sadēdējusi vizla; struktūra ļoti vāji izteikta; konsistence irstoša; pH KCl 5.84; pH $H_2O$ 5.69; horizonta pāreja viļņota, pakāpeniska.

C 72 – 110 cm Brūns (7.5YR 5/4, mitra) viegls smilšmāls; nedaudz smalkas un vidējas grants izmēra skeleta daļiņu, ko veido noapaļoti vidēji sadēdējuši laukšpati un vidēji sadēdējusi vizla; porainība vidēja; struktūra vāji izteikta, sīkgraudaina; pH KCl 6.11; pH $H_2O$ 6.09.

Aprakstu sastādīja A. Jermušs 1999. gadā. Pēdējās izmaiņas veiktas 2009. gada 7. novemrī (Augsnes ..., 2008; Latvijas augšņu noteicējs, 2009).

Smilšmāla augsnes (sM) apraksts

Vispārīgas ziņas par profilu un tā atrašanās vietu.

| | |
|---|---|
| Reģistrācijas Nr. | AI 0002 |
| Apraksta autori | A. Jermušs, A. Boruks |
| Augsnes apraksta datums | 1999. gada 25. augusts. |
| Virsēji velēnglejotā augsne | GLu (Latvijas klasifikators, 2009) |
| Haplic Phaeozem (siltic) | Pasaules augšņu klasifikators, 2006 |
| Atrašanās vieta | Skrīveru novads, mājas 'Bankavas' 500 m A virzienā |
| Ģeogrāfiskās koordinātas | 56°41'67" N un 25°08'52" E |
| Fizioģeoloģiskais rajons | Viduslatvijas zemiene, Madlienas nolaidenuma DR daļa |
| Topogrāfija | Morēnas līdzenums, taisnas nogāzes augšējā daļa, Z ekspozīcija, kritums 2° |
| Erozija | Nav vērojama |
| Dabiskā drenētība | Vidēji labi drenēta, pārplūšana nav iespējama, vairumā gadu īslaicīgi piesātināta ar ūdeni, gruntsūdens līmenis – dziļāk par 100 cm |
| Klimats | Gada nokrišņu summa – 680 mm, vidējā gaisa temperatūra 5.5 °C, veģetācijas perioda garums 230 dienas |
| Augsnes klimats | *Frigid* temperatūras un *udic* mitruma režīms |
| Cilmiezis | Glaciālie nogulumi, morēnas mālsmilts |
| ZLV, veģetācija | Augmaiņas lauka kultūraugi |
| Cilvēka ietekme | Mākslīgā drenāža darbojas normāli (segtā sistēma), periodiska aršana un mēslošanas līdzekļu lietošana, kaļķošana. |

Augsnes profila morfoloģiskais apraksts.

Ap 0 – 25 cm Izteikti tumši pelēcīgi brūna (10YR 3/2) mitrai un gaiši zilganpelēka (10YR 6/2) krāsa sausai augsnei, putekļains smilšmāls; ļoti nedaudz smalkas un vidējas grants izmēra skeleta daļiņu, ko veido noapaļoti, mazsadēdējuši laukšpati; struktūra laba, kubiska, šķautnaina; horizonta virskārta sajaukta dziļas aršanas rezultātā, plankumi no Bg1 horizonta; organiskās vielas saturs 23 g $kg^{-1}$; mitras augsnes konsistence viegli līdz vidēji lipīga; mitra augsne pie nesaspiešanas turas kopā; vidēji plastiska; porainība – augusta, vidēji daudz sīkas

poras; vidēji daudz augu sakņu, redzama cilvēku darbība (ieartas augu daļas); vidēja iekultivēšanas pakāpe; augsnes reakcija tuvu neitrālai pH KCl 6.14; pH $H_2O$ 5.90; pāreja nākošajā horizontā viļņota skaidra.

Btg1 25 – 44 cm Dzeltenbrūna (10YR 5/6) mitrai un ļoti blāvi brūna (10YR 7/4) krāsa sausai augsnei, putekļains smilšmāls; ļoti nedaudz smalkas un vidējas grants izmēra skeleta daļiņu, ko veido noapaļoti, mazsadēdējuši laukšpati; vidēji daudz vidēja lieluma vāji kontrastējoši, difūzu robežu gleja plankumi; izteikta struktūra, graudaina; mitras augsnes konsistence lipīga; viegli plastiska; porainība – vidēja, vidēji daudz sīkas poras; saknes maz; augsnes reakcija pH KCl 7.76; pH $H_2O$ 7.24; horizonta pāreja viļņota.

Btg2 44 – 85 cm Intensīvi brūna (7.5YR 5/6) mitrai un blāvi dzeltena (7.5YR 7/4) krāsa sausai augsnei, smaga mālsmilts; nedaudz smalkas un vidējas grants un oļu izmēra skeleta daļiņu, ko veido noapaļoti, mazsadēdējuši laukšpati; maz vidēja lieluma vāji kontrastējoši, difūzu robežu gleja plankumi; vāji izteikta vidēji graudaina struktūra; mitras augsnes konsistence lipīga; plastiska; porainība – vidēja, vidēji daudz sīkas poras; konkrēcijas; augsnes reakcija neitrāla pH KCl 6.93; pH $H_2O$ 6.66; horizonta pāreja pakāpeniska, viļņota.

Cg 85 – 110 cm Dzeltensarkana (5YR 5/6, mitra) smaga mālsmilts; nedaudz smalkas un vidējas grants un oļu izmēra skeleta daļiņu, ko veido noapaļoti, mazsadēdējuši laukšpati un dolomīti; novērojami ļoti maz vidēja lieluma, vāji kontrastējoši gleja plankumi; vāji izteikta vidēja prizmatiska struktūra; porainība – maza; sastopami brīvi karbonāti; augsnes reakcija pH KCl 7.75; pH $H_2O$ 7.20.

Citas piezīmes
Diagnostikas horizonti: *Mollic* 0 – 25 cm.

Aprakstu sastādīja A. Jermušs 1999. gadā. Pēdējās izmaiņas veiktas 2009. gada 7. novembrī (Augsnes ..., 2008; Latvijas augšņu noteicējs, 2009).

### 2.2.3. Priekšaugi

Pirms pamatizmēģinājumu iekārtošanas, abās augsnēs tika audzēti nepieciešamie priekšaugi nākošā gada izmēģinājumiem. Izmēģinājumos tika iekļauti priekšaugi, kas aptver trīs populārākās laukaugu grupas Vidzemes reģionā: graudaugi, zālaugi un kartupeļi. Kā graudaugi izmantoti vasaras kvieši (atkārtots sējums), kas tika sēti aprīļa trešajā dekādē ar izsējas normu 600 dīgtspējīgas sēklas uz kvadrātmetru. Pirms vasaras kviešu sējas augsnē iestrādāti 60 kg $ha^{-1}$ $P_2O_5$ vienkāršā superfosfāta veidā un 90 kg $ha^{-1}$ $K_2O$ kālija hlorīda veidā. Kopējā slāpekļa mēslojuma norma bija 80 kg $ha^{-1}$. Graudu kodināšanai pirms sējas tika izmantota kodne Vincits (*flutriafols, 25 g $L^{-1}$; tiabendazols, 25 g $L^{-1}$*) ar aprēķinu 2 L $t^{-1}$. Nezāļu ierobežošanai izmantots herbicīds Granstar (*metil-tribenurons, 750 g $kg^{-1}$*) ar normu 15 g $ha^{-1}$. Slimību ierobežošanai lietots fungicīds Tango (*epoksikonazols, 125 g $L^{-1}$; tridemorfs, 375 g $L^{-1}$*) 0.8 L $ha^{-1}$. Pēc ražas novākšanas rugaine smidzināta ar vispārējas iedarbības herbicīdu

Raundaps (*glifosats, 360 g $L^{-1}$*) ar normu 4 L $ha^{-1}$. Novākta vasaras kviešu graudu raža vidēji 3 t $ha^{-1}$. Sasmalcinot salmus uz lauka, iestrādātā salmu sausne bija 3 t $ha^{-1}$.

Zālaugu mistrs (turpmāk tekstā zālaugi) – sarkanais āboliņš 'Skrīveru agrais' 10 kg $ha^{-1}$ un viengadīgā airene 10 kg $ha^{-1}$ iesēts maija pirmajā dekādē. Īsi pirms sējas augsnē iestrādāti 60 kg $ha^{-1}$ $P_2O_5$, kā arī 90 kg $ha^{-1}$ $K_2O$ attiecīgi vienkāršā superfosfāta un kālija hlorīda veidā. Veģetācijas laikā zālaugu zaļā masa tika divas reizes nopļauta, sasmalcināta un atstāta uz lauka. Atāls pirms iearšanas tika miglots ar vispārējas iedarbības herbicīdu Raundaps ar normu 4 L $ha^{-1}$. Nopļautās zaļās masas apjoms bija vidēji 4 t $ha^{-1}$. Pēc pētnieka E. Bungas datiem (Bunga, 1974) viengadīgie zālaugi pēcražas atliekās atstāj 80 – 140 kg $ha^{-1}$ slāpekļa.

Kartupeļi 'Sante' tika stādīti maija vidū, stādāmā materiāla norma 3 t $ha^{-1}$. Nezāles ierobežotas ar herbicīdu Titus (*rimsulfurons, 250 g $kg^{-1}$*) 0.05 kg $ha^{-1}$, lietojot to kopā ar virsmas aktīvo vielu Kemivets. Slimību ierobežošanai lietots fungicīds Ridomil Gold (*mankocebs, 64 %; metalaksils–M, 4 %*) ar normu 2.5 kg $ha^{-1}$ un Ditāns (*mankocebs, 750 g $kg^{-1}$*) 2 kg $ha^{-1}$. Kartupeļu mēslošanai lietoti firmas "Hydro" kompleksie minerālmēsli kartupeļiem NPK 11 – 11 – 22 ar normu 450 kg $ha^{-1}$ fiziskās vienībās, kas tīrvielā sastādīja NPK 49.5 – 49.5 – 99 kg $ha^{-1}$. Kartupeļi tika audzēti pēc iepriekš uzkrātās kartupeļu audzēšanas pieredzes un vispāratzītas tehnoloģijas. Tika ievākta vidēji 25 t $ha^{-1}$ liela kartupeļu bumbuļu raža.

### 2.3. Augsnes un augu paraugu ņemšana

Augsnes minerālā slāpekļa satura izmaiņu noteikšanai augu veģetācijas laikā, no lauciņiem bez slāpekļa mēslojuma tika ņemti augsnes paraugi. Vienas augšanas sezonas laikā augsnes paraugi tika ņemti augu veģetācijas sākumā, kviešu cerošanas laikā (EC 26), stiebrošanas fāzes beigās (EC 37) un īsi pēc ziedēšanas (EC 69). Vidējais paraugs tika veidots apvienojot 4 zondējumus. Augsnes paraugi ņemti ar augsnes zondi iepriekš izvēlētā un atzīmētā laukumā trijos augsnes dziļumos: 0 – 20, 20 – 40 un 40 – 60 cm četros atkārtojumos. Augsnes vidējie paraugi tika ievietoti termosomā ar aukstumu uzturošiem elementiem un nogādāti Agroķīmisko Pētījumu centra laboratorijā. Aprēķinos par vasaras kviešu nodrošinājumu ar minerālo slāpekli ($N_{min}$) pieņemts, ka mālsmilts augsnes tilpummasa ir 1.2 kg $L^{-1}$ un smilšmāla – 1.4 kg $L^{-1}$.

Lai pētītu slāpekļa minerālmēslu ietekmi uz augsnes slāpekļa saturu, trešajā izmēģinājumu gadā tika noņemti augsnes paraugi arī no atsevišķiem variantiem ar slāpekļa mēslojumu. Tika izvēlēti varianti ar mazāko, vidējo un lielāko slāpekļa mēslojuma normu (50, 150 un 250 kg $ha^{-1}$). Līdzīgi kā variantā bez slāpekļa mēslojuma, augsnes paraugi ņemti trīs dziļumos un četros atkārtojumos.

Slāpekļa satura dinamikas noteikšanai augos, visos izmēģinājuma variantos no četriem atkārtojumiem nejauši izvēlētu augu galvenie stiebri ar lapām tika apvienoti vidējā paraugā, kuru kopslāpekļa satura analīze tika veikta Zemkopības zinātniskā institūta laboratorijā. Augu paraugi tika ņemti cerošanas fāzes beigās (EC 29), stiebrošanas fāzē (EC 37), vārpošanas sākumā (EC 51) un pēc ziedēšanas (EC 69). No katra atkārtojuma tika ievākti piecu nejauši izvēlētu augu galvenie stiebri, nogriežot tos pie sakņu kakla. Augu paraugi nekavējoties tika sasmalcināti un izžāvēti. Turpmākā darba gaitā izžāvētiem un samaltiem augu paraugiem tika veikta ķīmiskā analīze.

Vasaras kviešu veldre tika noteikta pēc LR Zemkopības ministrijas apstiprinātās Šķirņu saimniecisko īpašību novērtēšanas metodikas, vizuāli vērtējot novirzi no stiebru vertikālā stāvokļa ballēs:

9 − veldres nav, stiebri atrodas vertikālā stāvoklī,

7 − veldre neliela, ¼ stiebru noliekušies 30 º slīpumā,
5 − veldre vidēja, ½ stiebru noliekušies 45 º slīpumā,
3 − veldre stipra, apgrūtināta ražas novākšana, ¾ stiebru noliekušies 60 º slīpumā,
1 − veldre ļoti stipra, ražas novākšana nav iespējama.

## 2.4. Augsnes un augu paraugu analīze

*Augsnes analīze*

Organisko vielu saturs tika noteikts tās oksidējot ar kālija dihromāta ($K_2Cr_2O_7$) šķīdumu sērskābē. Izveidojušos trīsvērtīgo hromu, kas ir ekvivalents organisko vielu daudzumam, noteica fotokalorimetriski (LV ST ZM 80 – 97).

Augsnes pH tika noteikts potenciometriski 1M KCl suspensijā, augsnes un šķīduma tilpumu attiecība 1 : 2.5 (LV ST ZM 81 – 97).

Augiem izmantojamā fosfora un kālija saturs tika noteikts ar Engera – Rīma (DL) metodi. Augiem izmantojamo kāliju un fosforu no augsnes ekstraģēja ar 0.04M kalcija laktāta šķīdumu, kurš buferēts ar 5M HCl šķīdumu līdz pH 3.5 – 3.7, augsnes un šķīduma attiecība 1 : 50. Fosfora daudzumu izvilkumā tika noteikts fosformolibdēnzilā kompleksa veidā fotoelektrokolorimetriski, kālija – ar liesmas fotometru (LV ST ZM 82 – 97).

Minerālā slāpekļa satura noteikšanas pamatā bija amonija ($N – NH_4$) un nitrātu ($N – NO_3$) slāpekļa ekstrakcija no augsnes ar 1M KCl šķīdumu (augsnes un ekstrahenta tilpumu attiecība 1 : 2.5) ar tai sekojošu nitrātu un amonija kolorimetrisku noteikšanu. Nitrātus ar hidrazīnsulfātu reducēja līdz nitrītiem, kurus fotometrēja krāsainu diazosavienojumu veidā. Amonijs veido krāsainus indofenola savienojumus ar hipohlorīdu un nātrija salicilātu sārmainā vidē (LV ST ZM 90 – 97).

Augsnes granulometriskais sastāvs noteikts ar sijāšanas un sedimentācijas metodi pipetējot (LVS ISO 11277: 2000L).

*Augu un ražas analīze*

Graudu un augu paraugi sagatavoti analīzēm pēc LVS ISO 6498: 1998 standartos norādītajiem paņēmieniem. To samalšanai tika izmantotas speciālas šim mērķim paredzētas dzirnaviņas, nepārkarsējot analizējamo masu.

Paraugu mitrums tika noteikts ar žāvēšanas metodi pēc LVS ISO 6496: 1999 standarta. Paraugi žāvēti 103 °C temperatūrā līdz konstantas masas sasniegšanai.

Slāpekļa noteikšanai augos izmantota Kjeldāla metode (LVS ISO 5983:1997).

Kjeldāla metode tika lietota arī graudu un salmu slāpekļa satura noteikšanai.

Mitruma noteikšana graudos veikta saskaņā ar Latvijas valsts standartiem (LV ST 272).

Tūkstots graudu masa noteikta saskaitot un nosverot 500 graudus divos atkārtojumos, un pēc nepieciešamības veicot trešo atkārtojumu (LV ST ZM 43 - 95).
Tilpummasa tika noteikta ar tam piemērota cilindra palīdzību, kura tilpums sastādīja 0.5 litrus. Mērījumi veikti divos atkārtojumos un pēc nepieciešamības tika izdarīts trešais atkārtojums (LVS 273:2000L).

Lipekļa saturs tika noteikts ar *Glutomatic* iekārtu. Lipekļa indekss tika noteikts pēc *Pertena* metodes ar iekārtu *Centrifuga 2015* (LVS 275:2000L). Ja lipekļa indekss ir no 60 – 90, tad lipeklis ir labs vai ļoti labs un atbilst pirmai kvalitātes grupai. Ja lipekļa indekss ir robežās no 40 līdz 59, tad lipeklis ir apmierinošs vai labs un atbilst otrai kvalitātes grupai. Ja lipekļa indekss ir virs 90, tad lipeklis ir neapmierinoši stiprs un atbilst trešai kvalitātes grupai. Lipekļa indeksam esot mazākam par 40, lipeklis ir

neapmierinoši vājš un atbilst trešai kvalitātes grupai. Lipekļa hidratācijas spēja noteikta lipekli žāvējot (LVS 275:2000L).

Krišanas skaitlis kā *α–amilāzes* aktivitātes rādītājs noteikts pēc *Hagbega – Pertena* metodes (LVS 274:2000L).

Slāpekļa mēslojuma norma diagnostikas variantā tika noteikta izmantojot difenilamīna ($(C_6H_5)_2NH$) ekspresmetodi, kas balstīta uz difenilamīna un nitrātu ($NO_3^-$) kā arī nitrītu ($NO_2^-$) jonu savstarpējas reakcijas rezultātā iegūtas intensīvas zilas (N,N'-difenilbenzidinviolēta) nokrāsas veidošanos. Lai noskaidrotu nitrātu koncentrāciju vasaras kviešos, 1 % difenilamīna ($(C_6H_5)_2NH$) šķīdums koncentrētā sērskābē tika pilināts uz priekšmetstikla, kur novietots kviešu stiebra apakšējās daļas 3 – 5 mm posms. Analizējamais objekts tika saspiests ar otru stiklu, izspiežot un sajaucot stiebra šūnsulu ar aktīvo reaģentu. Kviešu šūnsula, atkarībā no nitrātu un nitrītu satura, krāsojās vairāk vai mazāk intensīvā zilā krāsā, kura tika pielīdzināta krāsu skalai ar atbilstošu slāpekļa mēslojuma nepieciešamo devu (Suter, Suter, 1956; Schulz, Marschner, 1987).

## 2.5. Eksperimentālo datu apstrāde

Lauka izmēģinājumos iegūto ražu datu daudzfaktoru (4) dispersijas analīze tika veikta SPSS programmā izmantojot Vispārināto lineāro modeļu (General Linear Model GLM) Tjūkei *(Tukey)* saistību funkciju, kas saista rezultatīvās pazīmes vidējo vērtību ar mainīgo lineāro kombināciju un transformē saistību starp vienādojuma atsevišķām komponentēm tā, lai tā būtu lineāra. Kritiskās robežstarpības noteiktas ar Post Hoc testa palīdzību. Post Hoc tests tiek izmantots tad, kad dispersijas analīze ir pierādījusi kopējo faktora būtiskumu. Tas ļauj veikt visu iespējamo pāru vidējo vērtību salīdzināšanu, nemainot kļūdas kritēriju dotajā vērtību intervālā.

Slāpekļa mēslojuma ekonomiskā optimuma noteikšanai tika ņemtas vērā slāpekļa mēslojuma izmaksas un slāpekļa mēslojuma lietošanas rezultātā papildus iegūto graudu vērtība. Optimums bija punktā, kur polinomās regresijas funkcijas atvasinājums (izmanto ekstrēma punktu noteikšanai) bija vienāds ar graudu ražas vērtības un slāpekļa cenas attiecību maksimumu. Slāpekļa ekonomiski optimālais daudzums ir mazāks kā daudzums, kas dod augstāko ražu, jo palielinātā raža, ko iegūst no pēdējā slāpekļa kilograma, pareizinot ar cenu, ir zemāka nekā slāpekļa izmaksas cena. Kviešu graudu iepirkuma cena tika pieņemta kā 150 Ls $t^{-1}$ (ieskaitot PVN 21 %), bet slāpekļa mēslojuma cena – 0.44 Ls $kg^{-1}$ N tīrvielā, kas bija vidējās šo produktu cenas 2007. gada sezonā – datu apstrādes laikā.

Sastādot lineārās regresijas vienādojumus, katram izmēģinājumu variantam noteikta slāpeļa mēslojuma norma, pie kuras konstatēts lielākais graudu ražas pieaugums, noteikts graudu ražas pieauguma vai samazinājuma raksturs slāpekļa mēslojuma normas palielināšanas gadījumā.

Graudu ražas kvalitātes rādītāju izvērtēšanai lietota divfaktoru dispersijas analīze ar ticamības līmeni 95 %. Kopproteīna satura izmaiņas graudos atkarībā no slāpekļa mēslojuma normas un to datu interpretācija veikta ar lineārās regresijas analīzes palīdzību programmā MS Excel.

Augu un augsnes slāpekļa satura savstarpējo sakarību meklēšanai izmantota korelācijas analīze.

# 3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

## 3.1. Minerālais slāpeklis augsnē augu veģetācijas periodā

Pētot slāpekļa minerālmēslu ietekmi uz vasaras kviešu graudu ražu, ir jāņem vērā slāpekļa saturs augsnē un tā pieejamība augiem. Augsnē līdztekus minerālmēslu slāpeklim, augiem ir pieejams arī slāpeklis no augsnes organiskās vielas, kurā koncentrējas lielākā daļa no kopējā augsnes slāpekļa. Organiskās vielas mineralizācijas rezultātā atbrīvojas augiem nepieciešamās barības vielas, tai skaitā minerālais slāpeklis.

Par minerālo slāpekli ($N_{min}$) augsnē ir pieņemts uzskatīt slāpekli, kas augsnē atrodas nitrātu, nitrītu un amonija formā. Minerālā slāpekļa saturs raksturo augiem pieejamā slāpekļa daudzumu augsnē.

Vasaras kviešiem sakņu sistēma ir vājāk attīstīta nekā citiem graudaugiem. Sakņu galvenā masa atrodas aramkārtas virsējā slānī, tāpēc augi slikti izmanto dziļāko augsnes slāņu barības vielas. Pētot augsnes minerālā slāpekļa satura nozīmi vasaras kviešu augšanā un attīstībā, galvenā uzmanība jāpievērš tā izmaiņām augsnes virskārtā (0 – 20 cm).

### 3.1.1. Minerālā slāpekļa $N_{min}$ nodrošinājums augsnē

Augsnes minerālā slāpekļa nodrošinājums aramkārtā (0 – 20 cm) tika aprēķināts vadoties pēc minerālā slāpekļa satura šajā augsnes slānī un augsnes tilpummasas.

Būtiska ietekme uz minerālā slāpekļa nodrošinājumu augsnes virskārtā (0 – 20 cm) bija augsnes granulometriskajam sastāvam (Sig. = 0.003) un tā ietekmes īpatsvars sastādīja 31.3 % jeb $\eta^2$ = 0.313. Augsnes minerālā slāpekļa saturs nozīmīgi mainījās vasaras kviešu veģetācijas laikā (Sig. = 0.015) un tā ietekmes īpatsvars sastādīja 34.7 % jeb $\eta^2$ = 0.347 (45. pielikums). Datu matemātiskā analīze nepierādīja šo faktoru savstarpējās mijiedarbības esamību (Sig. = 0.426).

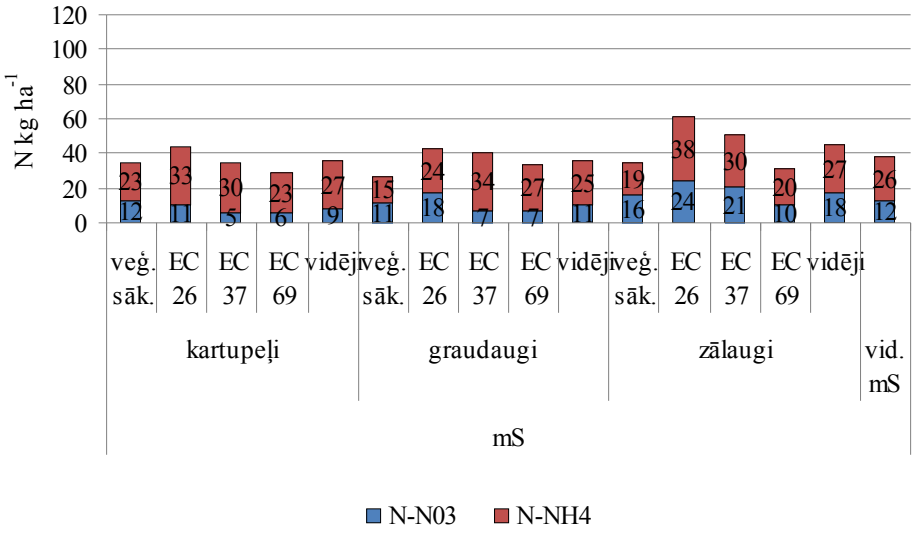
Priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekmi uz minerālā slāpekļa daudzuma izmaiņām izmēģinājumu kontroles varianta augsnē (bez slāpekļa minerālmēslojuma) vasaras kviešu veģetācijas laikā ilustrē 3.1. attēls un 4. pielikums. Šis attēls parāda, ka mālsmilts un smilšmāla augsnē pēc dažādiem priekšaugiem ir atšķirīgs minerālā slāpekļa daudzums.

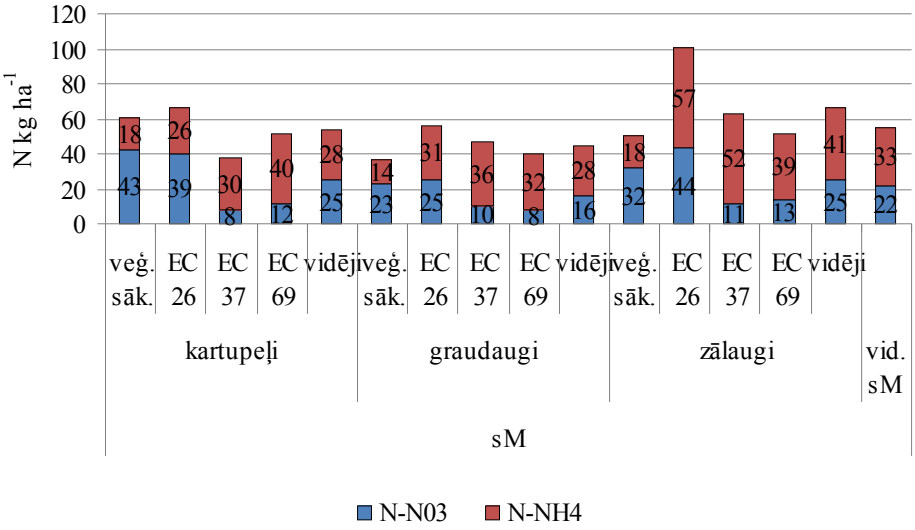
Pēc graudaugiem mālsmilts augsnē augšējā slānī (0 – 20 cm) kviešu veģetācijas sākumā augiem bija pieejami vidēji 27 kg $ha^{-1}$ minerālā slāpekļa. Minerālā slāpekļa daudzums turpmākajā vasaras kviešu veģetācijas laikā palielinājās, cerošanas fāzē sasniedzot augstāko nodrošinājumu – 42 kg $ha^{-1}$ $N_{min}$. Vasaras kviešu ziedēšanas beigās augsnes minerālā slāpekļa atlikums bija 33 kg $ha^{-1}$ $N_{min}$.

Variantā ar zālaugu priekšaugu mālsmilts augsnē 0 – 20 cm slānī veģetācijas perioda sākumā vidēji bija 35 kg $ha^{-1}$ minerālā slāpekļa, kas ir par 8 kg $ha^{-1}$ vairāk nekā variantā ar graudaugu priekšaugu, kas bija nozīmīga starpība (Sig. = 0.02) (45. pielikums). Augu veģetācijas laikā augsnes minerālā slāpekļa saturs pakāpeniski pieauga, vasaras kviešu cerošanas fāzē sasniedzot vidēji 62 kg $ha^{-1}$. To varētu izskaidrot ar augsnē esošā organiski saistītā slāpekļa mineralizācijas pastiprināšanos veģetācijas perioda pirmajā pusē. Veģetācijas perioda otrajā pusē tā saturs strauji samazinājās, un vasaras kviešu attīstības fāzē EC 69 $N_{min}$. saturs bija 31 kg $ha^{-1}$, ko var izskaidrot ar organiski saistītā slāpekļa resursu samazināšanos, kā arī tā pastiprinātu uzņemšanu ar nu jau labi attīstīto augu sakņu sistēmu.

Mālsmilts augsnē, variantā pēc kartupeļiem vasaras kviešiem pieejamā minerālā slāpekļa daudzums augsnes virsējā slānī (0 – 20 cm) veģetācijas sākumā vidēji bija

35 kg ha$^{-1}$, no kura nitrātu slāpeklis bija 12 kg ha$^{-1}$. Turpinoties veģetācijai, slāpekļa daudzums palielinājās un vasaras kviešu cerošanas fāzes laikā sasniedza 43 kg ha$^{-1}$, no kura nitrātu slāpeklis bija 11 kg ha$^{-1}$. Turpmākajā kviešu veģetācijas laikā 0 – 20 cm augsnes slānī bija vērojama augsnes minerālā slāpekļa daudzuma samazināšanās līdz 29 kg ha$^{-1}$ vasaras kviešu ziedēšanas beigās (EC 69), kas bija arī mazākais slāpekļa atlikums kviešu veģetācijas perioda beigās visā izmēģinājumā (3.1. att.).




3.1. att. Vasaras kviešu nodrošinājums ar $N_{min}$ augsnes slānī 0 – 20 cm veģetācijas periodā, kg N ha$^{-1}$ (vid. 2000. – 2001. g.).

Minerālā slāpekļa daudzums smilšmāla augsnē pēc graudaugiem 0 – 20 cm augsnes slānī veģetācijas sākumā bija 37 kg ha$^{-1}$. Augu intensīvas augšanas laikā augiem pieejamā slāpekļa daudzums augsnes virsējā kārtā palielinājās un vasaras kviešu cerošanas fāzē sasniedza 56 kg ha$^{-1}$, kas tomēr bija mazāk nekā citos priekšaugu variantos. Pēc vasaras kviešu ziedēšanas variantā pēc graudaugiem minerālā slāpekļa daudzums augsnes virsējā slānī bija samazinājusies līdz 40 kg ha$^{-1}$, kas bija mazākais slāpekļa pārpalikums smilšmāla augsnē.

Labākais vasaras kviešu nodrošinājums ar minerālo slāpekli bija smilšmāla augsnē variantā pēc zālaugiem (3.1. att.). Veģetācijas perioda sākumā augsnes virsējā slānī (0 – 20 cm) bija 50 kg $ha^{-1}$ slāpekļa. Vasaras kviešu cerošanas laikā minerālā slāpekļa saturs palielinājās līdz 101 kg $ha^{-1}$ augsnes, kas bija augstākais visā izmēģinājumā. Turpmākajās vasaras kviešu attīstības fāzēs augiem pieejamais slāpeklis pakāpeniski samazinājās un vasaras kviešu ziedēšanas fāzes beigās, līdzīgi kā veģetācijas perioda sākumā, augsnē bija 52 kg $ha^{-1}$ minerālā slāpekļa.

Savukārt, lielākais augiem pieejamais minerālā slāpekļa daudzums veģetācijas perioda sākumā bija smilšmāla augsnē izmēģinājumu lauciņos pēc kartupeļiem – vidēji 60 kg $ha^{-1}$, kas vasaras kviešu cerošanas fāzē vēl nedaudz pieauga līdz 66 kg $ha^{-1}$, bet kviešu stiebrošanas fāzē EC 37 augsnes minerālais slāpeklis strauji samazinājās līdz 38 kg $ha^{-1}$. Vasaras kviešu ziedēšanas fāzes beigās šajā variantā atkal tika konstatēts augsts augsnes minerālā slāpekļa saturs – 52 kg $ha^{-1}$ (3.1. att.).

Izvērtējot slāpekļa nodrošinājumu pēc dažādiem priekšaugiem, var teikt, ka mazākais slāpekļa krājums augsnē bija pēc graudaugiem. Salīdzinoši labs slāpekļa nodrošinājums vasaras kviešu veģetācijas perioda laikā bija pēc kartupeļiem, bet lielākais slāpekļa krājums augsnē veidojās pēc zālaugiem. Vērtējot augsnes granulometriskā sastāva ietekmi uz slāpekļa nodrošinājumu, jāatzīst, ka smilšmāla augsnē bija par 17 kg $ha^{-1}$ $N_{min}$ lielāks slāpekļa krājums nekā mālsmilts augsnē .

### 3.1.2. Augsnes granulometriskā sastāva un priekšaugu ietekme uz $N_{min}$ saturu augsnē

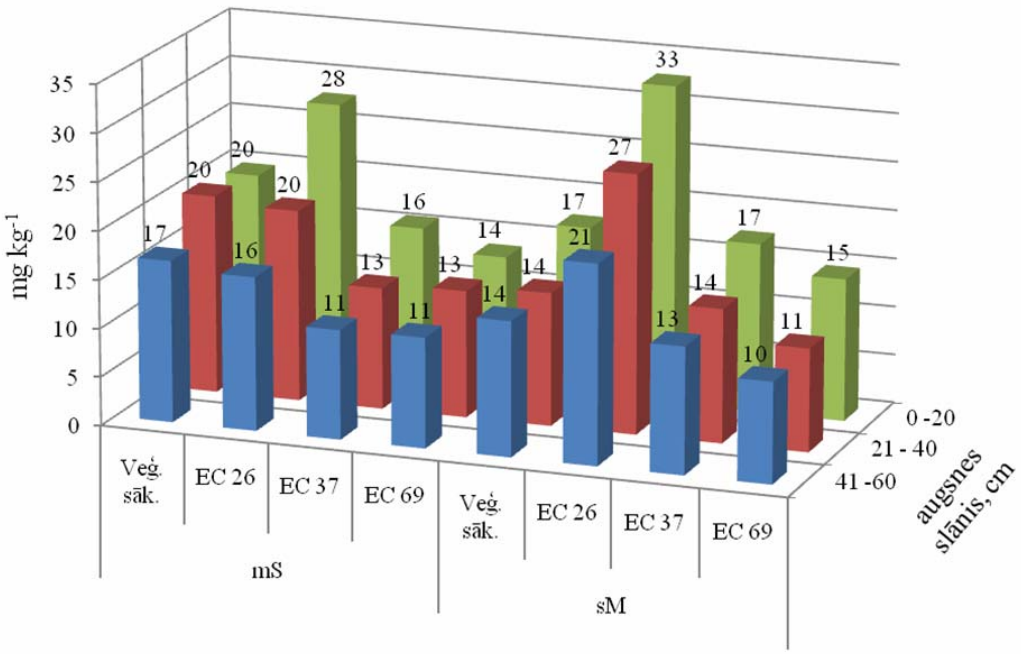
Augsnes granulometriskā sastāva ietekme uz augsnes minerālā slāpekļa saturu izmēģinājumu variantā bez slāpekļa mēslojuma parādīta 3.2. attēlā un 4. pielikumā.

Minerālā slāpekļa saturs augsnē bija atkarīgs gan no kviešu attīstības fāzes, gan arī no augsnes paraugu ņemšanas dziļuma. Veģetācijas perioda sākumā lielāks minerālā slāpekļa saturs tika konstatēts mālsmilts (mS) augsnē visos pētītajos augsnes slāņos. Minerālā slāpekļa saturs augšējā (0 – 20 cm) un vidējā (21 – 40 cm) augsnes kārtā bija 20 mg $kg^{-1}$ un 17 mg $kg^{-1}$ apakšējā (41 – 60 cm) augsnes slānī. To varētu izskaidrot ar vieglāka granulometriskā sastāva augsnes ātrāku iesilšanu pavasarī un straujāku augsnes procesu aktivizēšanos.

Turpmākajās vasaras kviešu attīstības stadijās mālsmilts augsnē tikai augsnes virskārtā (0 – 20 cm) vasaras kviešu cerošanas laikā (EC 26) tika novērots minerālā slāpekļa satura pieaugums, sasniedzot 28 mg $kg^{-1}$ augsnes. Smilšmāla (sM) augsnē vasaras kviešu cerošanas fāzē minerālā slāpekļa satura pieaugums bija straujāks visos pētītajos augsnes slāņos un tā saturs bija augstāks salīdzinājumā ar mālsmilts augsni. Augsnes virskārtā tas bija 33 mg $kg^{-1}$ augsnes, kas bija arī augstākais vidējais minerālā slāpekļa saturs visā izmēģinājumu laikā (3.2. att.). Līdzīgu tendenci savos pētījumos ir konstatējuši arī R. Timbare un M. Bušmanis (Timbare, Bušmanis, 2000).

Vasaras kviešu stiebrošanas fāzē (EC 37) bija vērojama augsnes minerālā slāpekļa satura samazināšanās visos pētītajos augsnes slāņos. Augsnes slānī 0 – 20 cm mālsmilts augsnē minerālā slāpekļa saturs stiebrošanas fāzē bija 16 mg $kg^{-1}$, bet smilšmālā – 17 mg $kg^{-1}$ augsnes, savukārt augsnes slānī 21 – 40 cm – 13 mg $kg^{-1}$ mālsmiltī un 14 mg $kg^{-1}$ smilšmālā, un augsnes slānī 41 – 60 cm attiecīgi – 11 mg $kg^{-1}$, 13 mg $kg^{-1}$. Vasaras kviešu ziedēšanas beigās (EC 69) minerālā slāpekļa saturs turpināja samazināties praktiski visos variantos. Jāatzīmē, ka augsnes virskārtā $N_{min}$ saturs bija lielāks, nekā augsnes dziļākajos slāņos un šī tendence bija vērojama visu veģetācijas

periodu abās pētītajās augsnēs. Tas liecina par intensīvāku organiskās vielas mineralizācijas procesu norisi augsnes aramkārtā salīdzinājumā ar dziļākajiem slāņiem.




3.2. att. $N_{min}$ satura izmaiņas dažāda granulometriskā sastāva augsnēs variantā bez slāpekļa mēslojuma, mg $kg^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.).

Dažādu priekšaugu ietekmi uz minerālā slāpekļa saturu augsnē vasaras kviešu kontroles (nemēslotajā) variantā veģetācijas perioda laikā var novērtēt 3.1. tabulā.

Priekšaugu ietekme uz augsnes minerālā slāpekļa saturu augsnē bija vērojama visa vasaras kviešu veģetācijas perioda laikā, kas īpaši bija izteikta augsnes augšējā un vidējā slānī (0 – 40 cm). Veģetācijas sākumā lielākais minerālā slāpekļa saturs 0 – 20 cm augsnes slānī konstatēts izmēģinājumu lauciņos pēc kartupeļiem – 21 mg $kg^{-1}$ (3.1. tab.). Nedaudz mazāks minerālā slāpekļa saturs – 19 mg $kg^{-1}$ bija lauciņos pēc zālaugiem, kas varētu liecināt par iepriekšējā gadā organiski saistītā slāpekļa mineralizācijas procesu vēlāku sākšanos. Tikai 16 mg $kg^{-1}$ slāpekļa augsnē bija veģetācijas perioda sākumā pēc graudaugiem, kas izskaidrojams ar minerālā slāpekļa imobilizāciju organisko atlieku – kviešu salmu sadalīšanās rezultātā, kas tika iestrādāti pēc priekšauga ražas novākšanas. Vasaras kviešu cerošanas fāzē (EC 26) bija vērojama minerālā slāpekļa satura strauja palielināšanās visos priekšaugu variantos, bet visvairāk pēc zālaugiem, 0 – 20 cm augsnes slānī sasniedzot vidēji 38 mg $kg^{-1}$, kas bija arī augstākais slāpekļa saturs izmēģinājumu laikā. Augsto minerālā slāpekļa saturu šajā variantā varētu izskaidrot ar augsnes mikrobioloģisko procesu strauju aktivizēšanos, un iepriekšējā gadā uzkrātā organiskā slāpekļa pastiprinātu mineralizāciju. Mazākais minerālā slāpekļa saturs augsnes virskārtā (0 – 20 cm) vasaras kviešu cerošanas fāzē bija kartupeļu un graudaugu priekšaugu ietekmē, sasniedzot tikai 25 – 27 mg $kg^{-1}$ augsnes, kas izskaidrojams ar organiski saistītā slāpekļa krājumu samazināšanos augsnē, samazinoties mineralizācijas potenciālam (3.1. tab.).

3.1. tabula

**$N_{min}$ satura izmaiņas dažādos augsnes dziļumos priekšaugu ietekmē variantā bez slāpekļa mēslojuma, mg $kg^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.)**

| Augsnes slānis | Priekšaugi | Veģetācijas sākums | Cerošana, EC 26 | Stiebrošana, EC 37 | Ziedēšana, EC 69 | Vidēji |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-20 cm | kartupeļi | 21 | 25 | 13 | 16 | 19 |
| | graudaugi | 16 | 27 | 16 | 12 | 18 |
| | zālaugi | 19 | 38 | 20 | 15 | 23 |
| 21-40 cm | kartupeļi | 20 | 18 | 12 | 13 | 16 |
| | graudaugi | 17 | 19 | 14 | 9 | 15 |
| | zālaugi | 17 | 31 | 13 | 14 | 19 |
| 41-60 cm | kartupeļi | 21 | 19 | 13 | 12 | 16 |
| | graudaugi | 12 | 16 | 12 | 11 | 13 |
| | zālaugi | 13 | 19 | 12 | 10 | 14 |
| Vidēji | | 17 | 24 | 14 | 12 | 17 |

Stiebrošanas fāzē (EC 37) augsnes minerālā slāpekļa saturs strauji samazinājās visos izmēģinājumu variantos (3.1. tab.). Bez tam notika arī minerālā slāpekļa satura izlīdzināšanās starp priekšaugu variantiem visos pētītajos augsnes dziļumos. To var pamatot ar vasaras kviešu veģetatīvās masas straujo palielināšanos šajā periodā, kā rezultātā notika intensīvāka barības vielu, tai skaitā slāpekļa, uzņemšana no augsnes, samazinot minerālā slāpekļa saturu augsnē.

Vasaras kviešu ziedēšanas beigās (EC 69) minerālā slāpekļa saturs augsnē bija samazinājies pēc graudaugiem un pēc zālaugiem, pie tam tā saturs samazinājās arī līdz ar pētāmo augsnes slāņu dziļuma palielināšanos, sasniedzot attiecīgi 0 – 20 cm slānī 12 mg $kg^{-1}$ un 15 mg $kg^{-1}$, 21 – 40 cm augsnes slānī 9 mg $kg^{-1}$ un 14 mg $kg^{-1}$, un 41 – 60 cm augsnes slānī 11 mg $kg^{-1}$ un 10 mg $kg^{-1}$ augsnes (3.1. tab.).

Vasaras kviešu veģetācijas perioda laikā lielākā slāpekļa koncentrācija saglabājās variantā, kur iepriekšējā gadā tika audzēti zālaugi: āboliņa – timotiņa mistrs. Tātad šajā variantā vasaras kvieši bija labāk nodrošināti ar pieejamo slāpekli, īpaši veģetācijas perioda pirmajā pusē.

Apkopojot iegūtos rezultātus, var teikt, ka kontroles variantā (bez N mēslojuma), zemāks minerālā slāpekļa saturs visu vasaras kviešu veģetācijas periodu bija mālsmilts augsnē (salīdzinot ar smilšmāla augsni), kas vēlreiz apstiprina citu Latvijas zinātnieku atzinumus (Timbare, Bušmanis, 2000). Samazināts augsnes minerālā slāpekļa saturs bija izmēģinājumu variantos, kur iepriekšējā gadā tika audzēti graudaugi, kuru iestrādāto salmu sadalīšanas mikrobioloģiskajiem procesiem tika patērēts augsnē esošais minerālais slāpeklis. Veģetācijas perioda sākumā salīdzinoši augsts minerālā slāpekļa saturs tika novērots izmēģinājumu lauciņos pēc kartupeļiem, kuru ietekmē arī tika iegūtas lielākās graudu ražas. Veģetācijas perioda laikā vieglākā augsnē minerālais slāpeklis vairāk pārvietojās uz dziļākajiem augsnes slāņiem. Variantos pēc zālaugiem veģetācijas perioda sākumā minerālā slāpekļa saturs bija nedaudz mazāks nekā pēc kartupeļiem, taču vasaras kviešu turpmākajā augšanas un attīstības gaitā augsnes virskārtā (0 – 20 cm) novērota minerālā slāpekļa satura palielināšanās, kas jau vasaras kviešu cerošanas laikā bija lielākais visā izmēģinājumā. Samazināts $N_{min}$ veģetācijas perioda beigās veidojās arī izmēģinājumu lauciņos pēc graudaugiem. Iespējams, ka iepriekšējā gadā iestrādātie graudaugu salmi sadaloties imobilizēja slāpekli visu veģetācijas periodu. Vairāk tas izpaudās smagāka granulometriskā augsnē, kur lauciņos

ar graudaugiem kā priekšaugu bija izteikti mazāks $N_{min}$ atlikums veģetācijas perioda beigās nekā pēc zālaugiem vai kartupeļiem. Lielāks apkārtējās vides piesārņojuma risks veģetācijas perioda beigās veidojās izmēģinājumu lauciņos, kur vasaras kvieši tika audzēti pēc kartupeļiem, kur bija lielākais $N_{min}$ atlikums augsnē.

### 3.2. Slāpekļa savienojumu dinamika augos veģetācijas periodā

Kopslāpekļa saturs augos atspoguļo augu nodrošinājumu ar slāpekli. Tas parāda arī augu spēju uzņemt sev nepieciešamo slāpekļa daudzumu no augsnes. Jo vairāk augs spēs uzņemt barības vielas no augsnes, jo vairāk saules enerģijas tas spēs pārveidot ķīmisko savienojumu formā. Lai pētītu augu nodrošinājumu ar slāpekli saturošām vielām, izmēģinājumos augu veģetācijas laikā tika veikti slāpekļa satura izmaiņu novērojumi augu virszemes daļās.

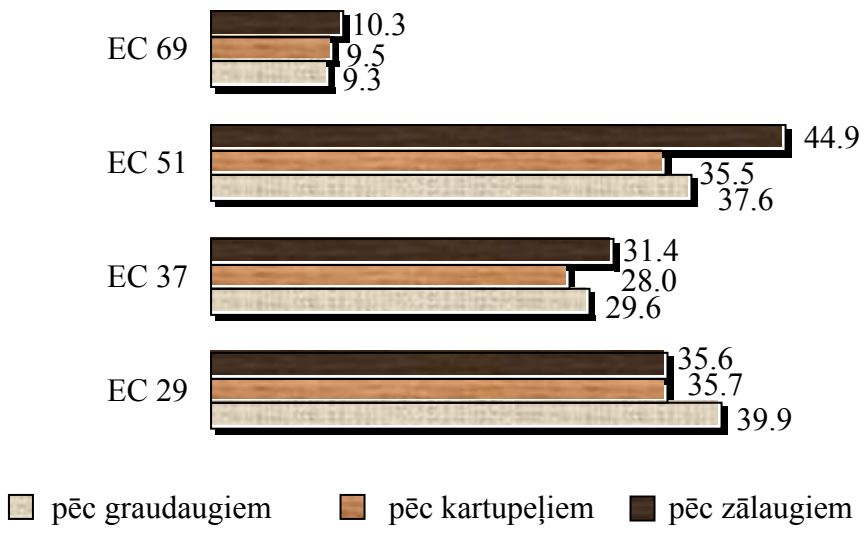
Slāpekļa saturs augos ir mainīgs visu veģetācijas perioda laiku. Augstākam tam jābūt veģetācijas perioda sākumā. Graudaugu cerošanas fāzē optimālā slāpekļa robežkoncentrācija augos svārstās no 55.0 līdz 60.0 g $kg^{-1}$ sausnes. Turpinoties augu augšanai un attīstībai, slāpekļa saturs augos pakāpeniski samazinās un pilngatavības stadijā tas ir 10 līdz 12 g $kg^{-1}$ sausnes (Riņķis, Ramane 1989).

#### 3.2.1. Kopslāpekļa satura izmaiņas augos smilšmāla augsnē

Slāpekļa satura novērojumi augu zaļajā masā tika veikti sākot ar vasaras kviešu cerošanas fāzi (EC 29), kad augi bija sasnieguši parauga noņemšanai pietiekamu apjomu. Lielākais kopslāpekļa saturs augos, (vidēji 39.9 g $kg^{-1}$) smilšmāla augsnē, variantā bez slāpekļa mēslojuma lietošanas cerošanas fāzē bija audzējot tos pēc graudaugiem (3.3. att., 5. pielikums). Praktiski vienāds slāpekļa savienojumu daudzums augos bija vērojams pēc kartupeļiem un zālaugiem audzētajos vasaras kviešos, kuru zaļajā masā tika konstatēts 35.7 un 35.6 g $kg^{-1}$ sausnes liels slāpekļa saturs. Tātad veģetācijas perioda pirmajā daļā vasaras kviešu kopslāpekļa satura izmaiņas pēc kartupeļiem un pēc zālaugiem bija līdzīgas.

Stiebrošanas fāzē (EC 37) kopslāpekļa koncentrācija augu zaļajā masā nedaudz samazinājās un bija no 28.0 līdz 31.4 g $kg^{-1}$ sausnes. To var izskaidrot ar augu veģetatīvās masas intensīvu augšanu, kā rezultātā slāpekli saturošo vielu koncentrācija augā samazinājās uz lielākas biomasas rēķina. Šajā augu attīstības fāzē lielākais kopslāpekļa saturs konstatēts pēc zālaugiem audzēto vasaras kviešu zaļajā masā, vidēji 31.4 g $kg^{-1}$. Zālaugu uzkrātais un organiski saistītais slāpeklis augsnē jaunajiem augiem kļuva vairāk pieejams un vasaras kvieši sāka to izmantot. Pēc kartupeļiem audzēto vasaras kviešu augos EC 37 fāzē bija mazākais vidējais kopslāpekļa saturs (28.0 g $kg^{-1}$).

Vārpošanas fāzē (EC 51) bija vērojama slāpekļa satura palielināšanās augos. Lielākā slāpekļa saturošo vielu koncentrācija – 44.9 g $kg^{-1}$ sausnes konstatēta variantā, kur vasaras kvieši tika audzēti pēc zālaugiem. Daudz mazāka slāpekļa koncentrācija bija pēc kartupeļiem un graudaugiem audzēto vasaras kviešu zaļajā masā. Pēc graudaugiem audzētie vasaras kvieši vidēji saturēja 37.6 g $kg^{-1}$ sausnes slāpekļa, bet pēc kartupeļiem audzētajos vasaras kviešos bija tikai 35.5 g $kg^{-1}$ liels slāpekļa saturs.




3.3. att. Kopslāpekļa dinamika augos smilšmāla augsnē bez slāpekļa mēslojuma, g $kg^{-1}$ sausnē (vid. 1999. – 2001.g.).

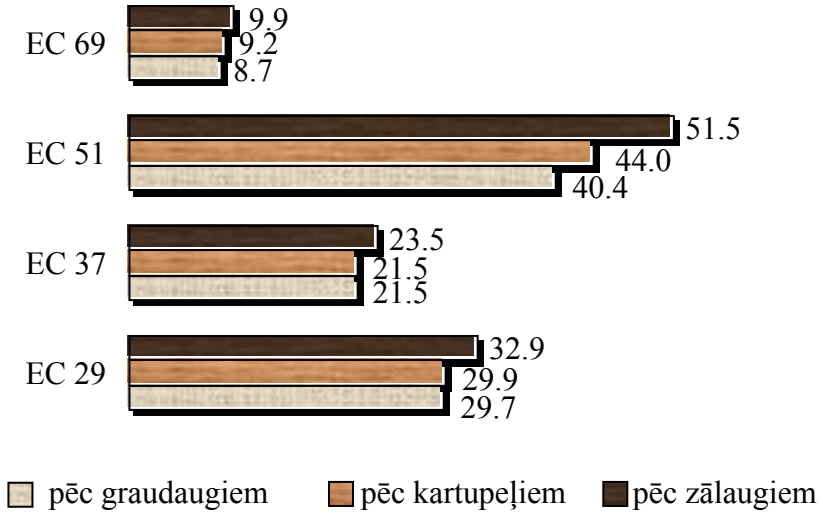
Pēc ziedēšanas (EC 69) augā esošās slāpekļa vielas strauji samazinājās, to saturs bija no 9.3 līdz 10.3 g $kg^{-1}$. Arī šajā augu attīstības fāzē augstākais slāpekļa saturs konstatēts pēc zālaugiem audzētajos vasaras kviešos – 10.3 g $kg^{-1}$ N. Izmēģinājumu lauciņos pēc kartupeļiem un graudaugiem slāpekļa saturs kviešu augos bija praktiski vienāds, vidēji 9.5 un 9.3 g $kg^{-1}$ N (3.3. att.). Šajā fāzē augi slāpekļa saturošās vielas pārvietoja uz barības vielu uzkrāšanas vietām – vārpām.

Tātad veģetācijas perioda pirmajā pusē, kad slāpeklis nepieciešams augu veģetatīvās masas – fotosintezējošās virsmas veidošanai, smilšmāla augsnē lielākā slāpekli saturošo vielu koncentrācija konstatēta augos, kas audzēti pēc graudaugiem. Turpmākās augu attīstības laikā lielākā slāpekļa koncentrācija bija pēc zālaugiem audzētajos vasaras kviešos, kas nodrošināja augstāku ražas kvalitāti.

### 3.2.2. Kopslāpekļa satura izmaiņas augos mālsmilts augsnē

Lielākais kopslāpekļa saturs (vidēji 32.9 g $kg^{-1}$) kviešu cerošanas fāzē (mālsmilts augsnē, variantā bez slāpekļa mēslojuma) bija pēc zālaugiem audzētajos augos. Mālsmilts augsnē priekšauga atlieku sadalīšanās notiek ātrāk un līdz ar to augsnē veidojās vairāk vasaras kviešiem pieejamo slāpekļa savienojumu nekā smilšmāla augsnē. Līdzīgs slāpekļa savienojumu daudzums bija vērojams pēc kartupeļiem un graudaugiem audzētajiem vasaras kviešiem, kuru zaļajā masā bija 29.9 un 29.7 g $kg^{-1}$ sausnes liels kopslāpekļa saturs. Tātad veģetācijas perioda pirmajā pusē vasaras kviešu augšanas apstākļi pēc kartupeļiem un pēc graudaugiem bija līdzīgi.

Līdzīgi kā smilšmāla augsnē, arī mālsmilts augsnē bez slāpekļa mēslojuma lietošanas (3.4. att., 5. pielikums) stiebrošanas fāzē (EC 37) kopslāpekļa koncentrācija augu zaļajā masā nedaudz samazinājās un bija no 21.5 līdz 23.5 g $kg^{-1}$. Arī šajā augu attīstības fāzē lielākais slāpekļa saturs konstatēts pēc zālaugiem audzēto vasaras kviešu zaļajā masā, vidēji 23.5 g $kg^{-1}$. Pēc kartupeļiem un graudaugiem audzēto vasaras kviešu augos EC 37 fāzē vidējais kopslāpekļa saturs bija vienāds – 21.5 g $kg^{-1}$ sausnes.




3.4. att. Kopslāpekļa dinamika augos mālsmilts augsnē bez slāpekļa mēslojuma, g $kg^{-1}$ sausnē (vid. 1999. – 2001. g.).

Vārpošanas fāzē (EC 51) augos notika kopslāpekļa satura palielināšanās. Lielākā slāpekli saturošo vielu koncentrācija – 51.5 g $kg^{-1}$ konstatēta variantā, kur vasaras kvieši tika audzēti pēc zālaugiem. Daudz mazāka kopslāpekļa koncentrācija bija pēc graudaugiem audzēto vasaras kviešu zaļajā masā. Pēc graudaugiem audzētie vasaras kvieši vidēji saturēja 40.4 g $kg^{-1}$ kopslāpekļa. Pēc kartupeļiem audzētajos vasaras kviešos bija 44.0 g $kg^{-1}$ liela slāpekļa koncentrācija.

Pēc ziedēšanas (EC 69) augā esošās slāpekļa vielas strauji samazinājās, to saturs bija no 8.7 līdz 9.9 g $kg^{-1}$ sausnes. Arī šajā augu attīstības fāzē augstākais kopslāpekļa saturs konstatēts pēc zālaugiem audzētajos vasaras kviešos – 9.9 g $kg^{-1}$. Nedaudz mazāks tas bija vasaras kviešos pēc kartupeļiem – 9.2 g $kg^{-1}$ sausnes (3.4. att.). Mazākais kopslāpekļa saturs kviešu augos bija variantā, kur vasaras kvieši tika audzēti pēc graudaugiem.

Mālsmilts augsnē jau no veģetācijas perioda sākuma lielākā kopslāpekļa koncentrācija bija vasaras kviešos, kas audzēti pēc zālaugiem.

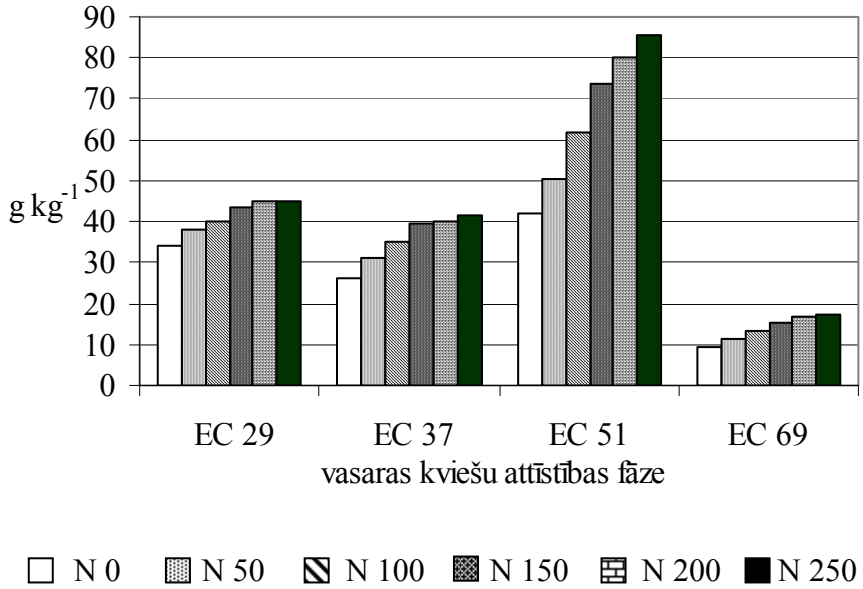
### 3.2.3. Kopslāpekļa satura izmaiņas augos slāpekļa mēslojuma ietekmē

Lai noskaidrotu slāpekļa mēslojuma pieaugošu normu ietekmi uz kopslāpekļa saturu vasaras kviešos, augu veģetācijas laikā slāpekļa satura noteikšanai tika ņemti augu zaļās masas paraugi no visiem variantiem ar slāpekļa mēslojumu.

Slāpekļa mēslojums palielināja kopslāpekļa saturu vasaras kviešu zaļmasā vidēji par 2 – 43 g $kg^{-1}$ sausnes (3.5. att.). Lielākais slāpekļa satura palielinājums bija vasaras kviešos vārpošanas stadijā (EC 51) variantā, kur iestrādāta 250 kg $ha^{-1}$ liela slāpekļa mēslojuma norma.

Mazāko kopslāpekļa satura pieaugumu slāpekļa mēslojuma lietošana izraisīja vasaras kviešu cerošanas laikā un pēc ziedēšanas. Vasaras kviešu cerošanas fāzē (EC 29), slāpekļa mēslojuma normu palielinot no 50 līdz 150 kg $ha^{-1}$, kopslāpekļa saturs augos palielinājās no 34 līdz 44 g $kg^{-1}$ N, bet turpmākās slāpekļa mēslojuma palielināšanas rezultātā slāpekļa saturs kviešos praktiski nemainījās un bija 45 g $kg^{-1}$ sausnes. Pētījumu rezultāti rāda, ka optimālais slāpekļa saturs kviešu augos cerošanas

fāzē – 55 – 60 g $kg^{-1}$ sausnes (Riņķis, Ramane, 1987) netika sasniegts nevienā izmēģinājumu variantā. Arī vasaras kviešu stiebrošanas fāzē slāpekļa saturs jūtami palielinājās (no 26 līdz 42 g $kg^{-1}$), bet tikai variantos, kur slāpekļa mēslojums tika palielināts no 0 līdz 150 kg $ha^{-1}$ N. Tālāka slāpekļa mēslojuma normas palielināšana kopslāpekļa saturu vasaras kviešos praktiski nepalielināja.




3.5. att. Kopslāpekļa saturs augu sausnē pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē, g $kg^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.).

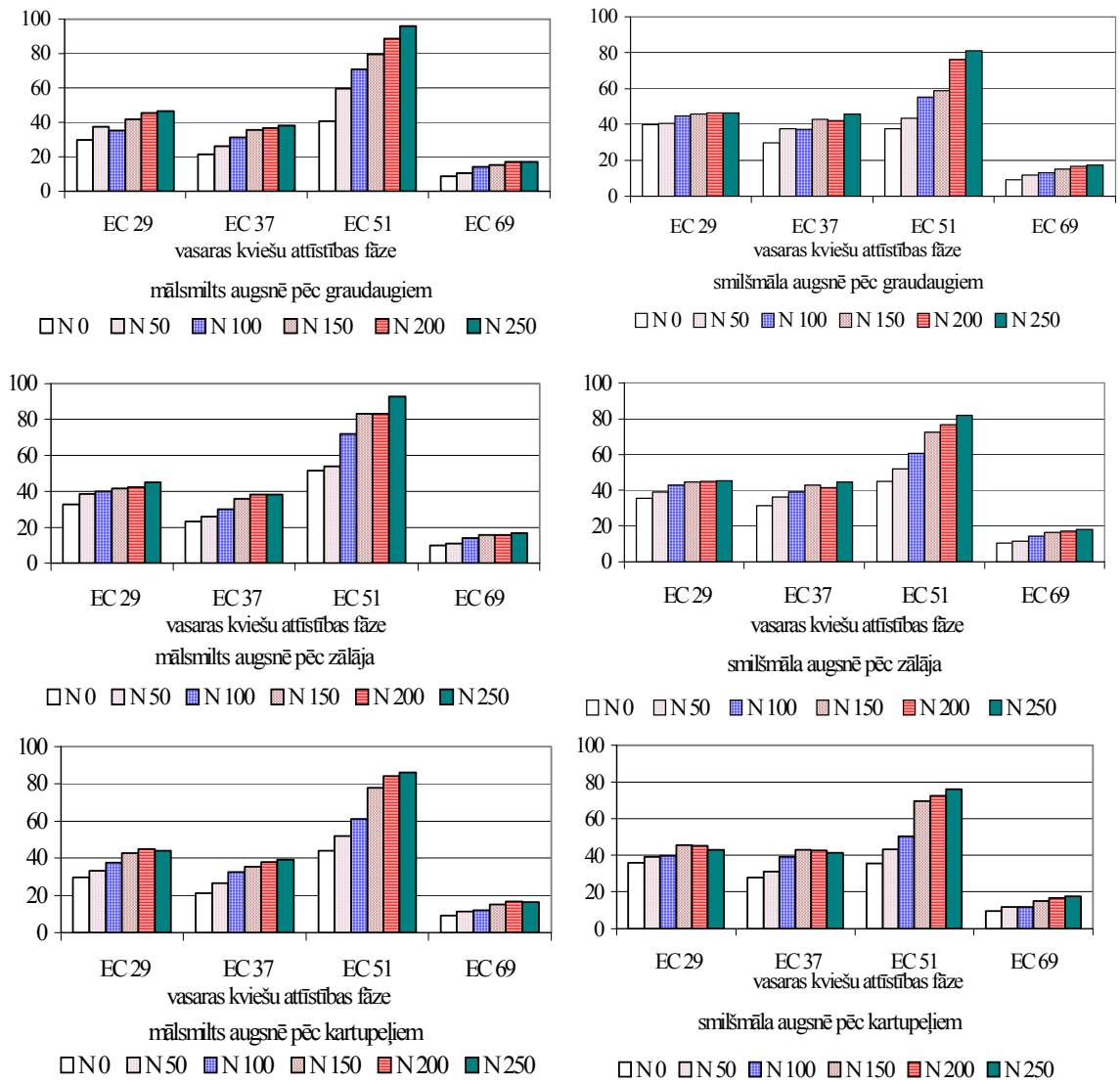
Lielākā slāpekļa mēslojuma ietekme uz slāpekļa saturu vasaras kviešu augos bija to vārpošanas laikā. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu ik par 50 kg $ha^{-1}$ N, kopslāpekļa saturs augos palielinājās vidēji par 5 – 12 g $kg^{-1}$ sausnes, un, dodot 250 kg $ha^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojumu, kopslāpekļa saturs augos sasniedza 85 g $kg^{-1}$ sausnes. Pēc vasaras kviešu ziedēšanas, kopslāpekļa saturs augu virszemes daļā bija zemākais veģetācijas periodā un slāpekļa mēslojuma ietekmē pieauga tikai nedaudz. Šajā kviešu attīstības fāzē slāpekļa mēslojuma normas palielināšana par 50 kg $ha^{-1}$ slāpekļa saturu kviešos palielināja tikai par 1 – 3 g $kg^{-1}$ sausnes. Variantos ar slāpekļa mēslojumu 200 un 250 kg $ha^{-1}$ N kopslāpekļa saturs augu sausnē vidēji bija 17 g $kg^{-1}$.

Atsevišķi augsnes granulometriskā sastāva un priekšaugu ietekme uz slāpekļa saturu vasaras kviešos (variantos ar pieaugošām slāpekļa mēslojuma normām) atspoguļota 3.6. attēlā.

Salīdzinoši nemainīgs kopslāpekļa saturs augos bija veģetācijas perioda sākumā (EC 29 – EC 37), tomēr arī šajās kviešu attīstības stadijās bija vērojamas atšķirības priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekmē. Lielākās augu kopslāpekļa satura atšķirības dažādu slāpekļa mēslojuma normu ietekmē novērotas vasaras kviešu vārpošanas fāzē (EC 51). Mazākais kopslāpekļa saturs augu virszemes daļās konstatēts pēc augu ziedēšanas (EC 69), pie kam šajā vasaras kviešu attīstības fāzē atšķirības starp dažādu priekšaugu un augšņu variantiem praktiski netika novērotas.

Izteiktāka slāpekļa mēslojuma ietekme uz kopslāpekļa saturu augos novērota mālsmilts augsnē, kur slāpekļa saturs augos svārstījās vidēji no 8.7 līdz 95.6 g $kg^{-1}$. Kopslāpekļa saturs vasaras kviešos pēc graudaugiem slāpekļa mēslojuma normas palielināšanas rezultātā vasaras kviešos izmainījās vairāk nekā variantos pēc zālaugiem

vai kartupeļiem. Audzējot vasaras kviešus pēc graudaugiem, tie bija atsaucīgāki uz slāpekļa mēslojumu arī graudu ražas ziņā (3.6. att.).




3.6. att. Kopslāpekļa saturs augu sausnē slāpekļa mēslojuma, priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekmē, g $kg^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.).

Mālsmilts augsnē slāpekļa mēslojums un tā normas palielināšana praktiski visos gadījumos palielināja kopslāpekļa saturu vasaras kviešos. Audzējot vasaras kviešus pēc zālaugiem, mālsmilts augsnē novērota augu kopslāpekļa satura palielināšanās pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē, taču ne tik izteikti kā pēc graudaugiem. Variantā ar kartupeļu priekšaugu tikai neliels un vidējs slāpekļa mēslojums ievērojami palielināja kopslāpekļa saturu augos, bet lielākās slāpekļa mēslojuma normas ietekmē bija novērojama kopslāpekļa satura samazināšanās vasaras kviešu veģetācijas perioda pirmajā pusē. Šādas kopslāpekļa satura izmaiņas vasaras kviešos pēc kartupeļiem novērotas arī smilšmāla augsnē, kur tās bija pat izteiktākas nekā mālsmilts augsnē.

Smilšmāla augsnē pieaugošs slāpekļa mēslojums kopslāpekļa saturu augos ietekmēja mazāk nekā mālsmiltī, ko var izskaidrot ar šīs augsnes adsorbcijas spēju, kā rezultātā slāpekļa vielu koncentrācija augsnē starp dažādiem slāpekļa mēslojumu

variantiem nedaudz izlīdzinājās. Vasaras kviešos pēc zālaugiem slāpekļa satura svārstības augos bija vismazākās. Tā pamatā varētu būt lielāks zālaugu atstātais organisko vielu daudzums augsnē salīdzinājumā ar pārējiem priekšaugiem.

Smilšmāla augsnē, līdzīgi kā mālsmiltī, lielākas kopslāpekļa satura izmaiņas augos pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē konstatētas variantā pēc graudaugiem, kas bija izteiktākas vasaras kviešu vārpošanas fāzē (EC 51). Cerošanas fāzē (EC 29) vasaras kviešos pēc graudaugiem neliels slāpekļa mēslojums (50 kg $ha^{-1}$) praktiski neietekmēja kopslāpekļa saturu vasaras kviešos. Pie lielākām slāpekļa mēslojuma normām, salīdzinot ar nelielu slāpekļa mēslojumu, augstāks kopslāpekļa saturs augos novērots tikai vasaras kviešu veģetācijas otrajā pusē. Veģetācijas perioda pirmajā pusē lielo slāpekļa mēslojuma normu ietekme uz kopslāpekļa saturu vasaras kviešos praktiski neizpaudās. Augu kopslāpekļa satura palielināšanās bija vērojama tika variantos ar slāpekļa mēslojuma normu 100 un 150 kg $ha^{-1}$ N.

Pēc vasaras kviešu ziedēšanas augsnes granulometriskā sastāva un priekšaugu ietekme uz kopslāpekļa saturu augos praktiski netika novērota. Lielākās kopslāpekļa satura atšķirības bija vērojamas starp dažādiem slāpekļa mēslojuma variantiem.

Kopumā var teikt, ka lielākās kopslāpekļa satura izmaiņas vasaras kviešu zaļmasā notika slāpekļa mēslojuma ietekmē. Slāpekļa mēslojuma ietekme uz kopslāpekļa saturu lielā mērā bija atkarīga no augu paraugu ņemšanas laika, jeb augu attīstības fāzes. Kopslāpekļa saturs augos samazinājās strauja veģetatīvās masas pieauguma laikā, kā arī graudu nogatavošanās laikā. Izteiktākās kopslāpekļa satura atšķirības starp dažādiem mēslojuma variantiem bija vasaras kviešu vārpošanas laikā – fāzē EC 51. Tika konstatēta arī priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekme uz kopslāpekļa saturu vasaras kviešos, taču tā bija salīdzinoši neliela un kviešu veģetācija perioda otrajā pusē, tā praktiski netika novērota.

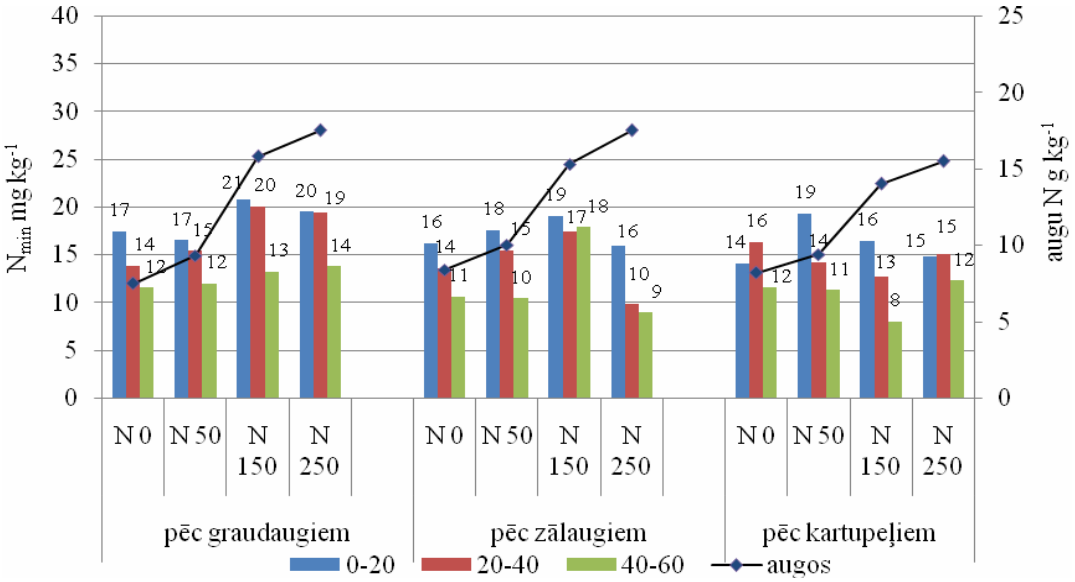
Gan variantos bez slāpekļa mēslojuma, gan arī lietojot dažādas slāpekļa minerālmēslu normas, kopslāpekļa saturs vasaras kviešu augos bija mazāks par optimālo. Cerošanas fāzē tas svārstījās robežās no 29.7 līdz 46.5 g $kg^{-1}$, kas bija mazāk par literatūrā atzīmēto optimālo slāpekļa saturu augos 55 – 60 g $kg^{-1}$.

### 3.3. Slāpekļa mēslojuma ietekme uz slāpekļa saturu augsnē un augos

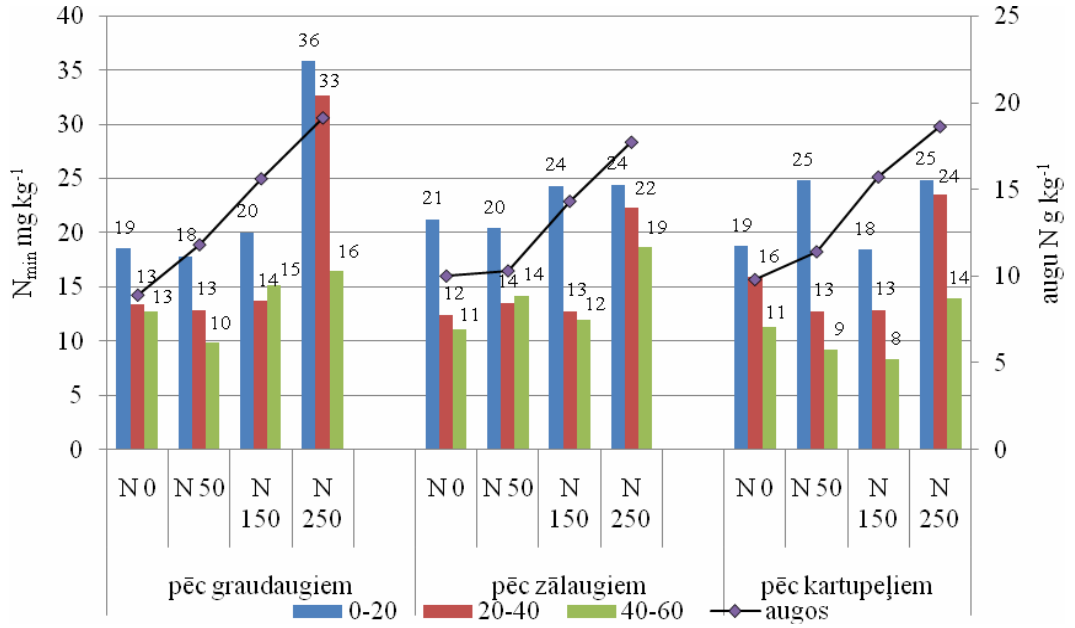
Slāpekļa mēslojums ietekmē slāpekļa saturu gan augsnē, gan arī vasaras kviešu augos. Lai noskaidrotu slāpekļa mēslojuma ietekmi uz augsnes minerālā slāpekļa saturu, 2001. gadā pēc vasaras kviešu ziedēšanas (EC 69), tika noņemti augsnes paraugi arī no atsevišķiem izmēģinājumu variantiem ar dažādām slāpekļa mēslojuma normām. Iegūtos rezultātus atspoguļo 3.7. un 3.8. attēli, kā arī 6. pielikums.

Kontroles varianta mālsmilts augsnes augšējā slānī (0 – 20 cm) minerālā slāpekļa saturs vairumā izmēģinājumu bija 16 – 18 mg $kg^{-1}$ augsnes. Iestrādājot 50 kg $ha^{-1}$ lielu slāpekļa normu, šajā pat augsnes slānī slāpekļa saturs praktiski nepalielinājās un bija 17 – 20 mg $kg^{-1}$ augsnes, izņemot variantu ar kartupeļiem kā priekšaugu, kur minerālā slāpekļa saturs smilšmāla augsnē (3.8. att.) sasniedza 25 mg $kg^{-1}$ augsnes. Savukārt iestrādājot lielās slāpekļa normas (150 un 250 kg $ha^{-1}$) atsevišķos priekšaugu variantos minerālā slāpekļa saturs mālsmilts augsnes augšējā slānī (0 – 20 cm) nepalielinājās un tas bija 15 – 20 mg $kg^{-1}$ augsnes, bet smilšmāla augsnē atsevišķos variantos tas palielinājās līdz 25 – 35 mg $kg^{-1}$. Šie izmēģinājumu dati rāda, ka smilšmāla augsnē daļa no iestrādātā un neizmantotā slāpekļa saistās augsnes aramkārtā, bet mālsmilts augsnē augu neizmantotais slāpeklis augsnes virskārtā saistās daudz mazāk un bieži vien tas ieskalojas dziļāk augsnē. Teikto apliecina 3.7. un

3.8. attēlos atspoguļotie izmēģinājumu rezultāti par slāpekļa saturu vidējā (20 – 40 cm) un apakšējā (40 – 60 cm) augsnes slānī. Smilšmāla augsnē iestrādājot 50 un 150 kg ha$^{-1}$ lielas slāpekļa normas, minerālā slāpekļa saturs dziļākajos augsnes slāņos bija praktiski tāds pats kā kontroles variantā. Smilšmāla augsnē tikai iestrādājot 250 kg ha$^{-1}$ lielu slāpekļa normu, augsnes slānī no 20 līdz 60 cm minerālā slāpekļa saturs palielinājās par 10 – 20 mg kg$^{-1}$ augsnes salīdzinājumā ar kontroles variantu. Savukārt mālsmilts augsnē vairumā variantu slāpekļa saturs augsnes slānī no 20 līdz 40 cm palielinājās iestrādājot jau mazāko slāpekļa normu – 50 kg ha$^{-1}$ N un vairumā variantu tas palielinās proporcionāli slāpekļa minerālmēslu normas pieaugumam.




3.7. att. $N_{min}$ saturs mS augsnē, mg kg$^{-1}$ un kopslāpekļa saturs augos EC 69, g kg$^{-1}$ sausnes.




3.8. att. $N_{min}$ saturs sM augsnē, mg kg$^{-1}$ un kopslāpekļa saturs augos EC 69, g kg$^{-1}$ sausnes.

Kopslāpekļa saturs vasaras kviešu zaļajā masā visos variantos pieauga līdz ar minerālmēslu normas palielināšanu. Pie tam kopslāpekļa saturs augu sausnā iestrādājot 250 kg $ha^{-1}$ lielu slāpekļa mēslojuma normu bija gandrīz divas reizes lielāks nekā kontroles variantā attiecīgi 16 – 19 g $kg^{-1}$ un 8 – 10 g $kg^{-1}$ sausnes. Vēl ir nepieciešams noskaidrot sakarību starp augsnes minerālā slāpekļa saturu un kopslāpekļa saturu augos.

Sakarība starp augsnes minerālā slāpekļa un kopslāpekļa satura izmaiņām augu sausnē pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē vasaras kviešu veģetācijas perioda otrajā pusē bija atkarīga gan no augsnes granulometriskā sastāva, gan arī no vasaras kviešu priekšauga (3.2. tab.). Ciešākā korelācija starp slāpekļa saturu augsnē un augos novērota vasaras kviešos, kuriem par priekšaugu tika izmantoti graudaugi. Šajā variantā abās augsnēs korelācijas koeficients svārstījās no r = 0.77 līdz 1.00 (3.2. tab.). Vasaras kviešos pēc zālaugiem cieša sakarība starp kopslāpekļa saturu augos un minerālā slāpekļa saturu augsnē pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē novērota tikai smilšmāla augsnē (r = 0.72 līdz r = 0.91). Variantos, kur vasaras kviešiem priekšaugs bija kartupeļi, korelācija starp kopslāpekļa saturu augos un minerālā slāpekļa saturu augsnē praktiski netika konstatēta.

3.2. tabula

**Augu un augsnes slāpekļa satura savstarpējā korelācija pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē**

| Priekšaugs | Augsnes slānis, cm | Korelācijas koeficients | |
|---|---|---|---|
| | | mālsmilts | smilšmāls |
| Graudaugi | 0 – 20 | 0.86 | 0.83 |
| | 20 – 40 | 0.97 | 0.80 |
| | 40 – 60 | 1.00 | 0.77 |
| | 0 – 60 | 0.97 | 0.83 |
| Zālaugi | 0 – 20 | 0.10 | 0.91 |
| | 20 – 40 | 0.32 | 0.78 |
| | 40 – 60 | 0.21 | 0.72 |
| | 0 – 60 | 0.00 | 0.87 |
| Kartupeļi | 0 – 20 | 0.19 | 0.29 |
| | 20 – 40 | 0.48 | 0.73 |
| | 40 – 60 | 0.24 | 0.51 |
| | 0 – 60 | 0.50 | 0.62 |

Kopumā var teikt, ka ne vienmēr kopslāpekļa saturs augos bija atkarīgs no minerālā slāpekļa satura augsnē. Audzējot vasaras kviešus pēc graudaugiem, kopējais slāpekļa nodrošinājums augsnē bija mazāks, tāpēc slāpekļa mēslojuma ietekme uz kopslāpekļa saturu augos bija izteiktāka. Citu priekšaugu, piemēram, zālaugu ietekmē augsnē bija izveidojušies papildus slāpekļa krājumi, kā rezultātā slāpekļa mēslojums mazāk ietekmēja kopslāpekļa saturu augos.

### 3.4. Vasaras kviešu graudu raža

Graudu raža ir viens no galvenajiem lauka izmēģinājumos pētāmo faktoru efektivitātes rādītājiem. Pavisam 17 lauka izmēģinājumos triju gadu laikā vasaras kviešu graudu raža atsevišķos variantos svārstījās no 2.23 līdz 4.25 t $ha^{-1}$, kas ir

raksturīgi izmēģinājumu augšņu apstākļiem (3.3. tab., 7. un 8. pielikumi). Vidējā vasaras kviešu raža izmēģinājumu trīs gadu laikā bija 3.37 t $ha^{-1}$.

3.3. tabula

**Vasaras kviešu graudu ražas, vidēji 1999. – 2001. g., t $ha^{-1}$**

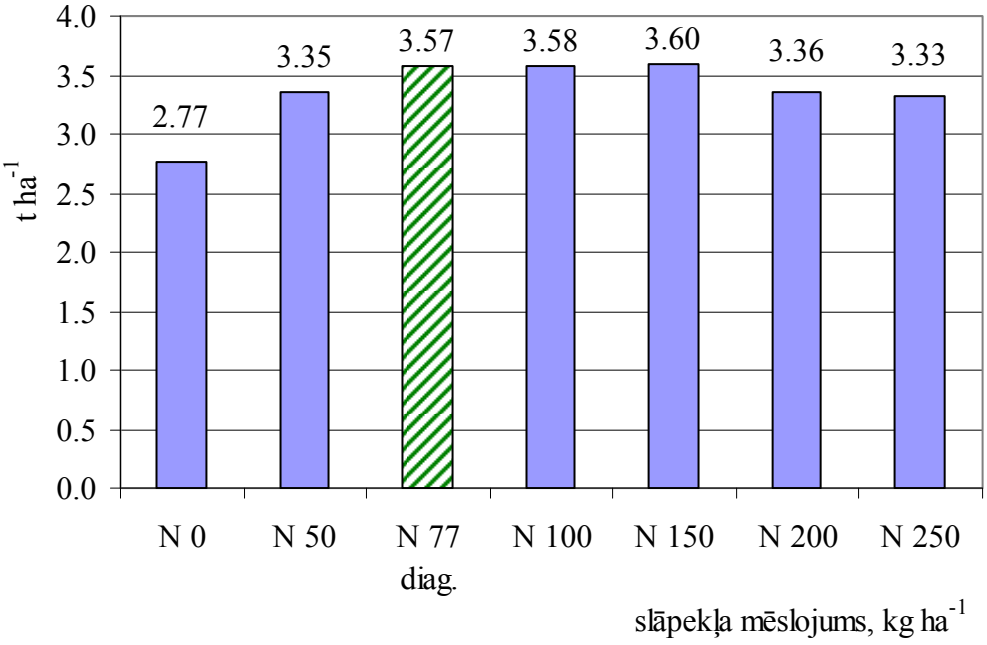
| Slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$ | Pēc zālaugiem | | Pēc graudaugiem | | Pēc kartupeļiem | | Vidēji |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mS | sM | mS | sM | mS | sM | |
| N 0 | 2.63 | 2.76 | 2.67 | 2.23 | 3.40 | 2.91 | 2.77 |
| N 50 | 3.07 | 3.04 | 3.48 | 2.91 | 4.10 | 3.51 | 3.35 |
| N 100 | 3.14 | 3.11 | 3.92 | 3.27 | 4.25 | 3.78 | 3.58 |
| N 150 | 3.04 | 3.28 | 4.04 | 3.13 | 4.22 | 3.90 | 3.60 |
| N 200 | 2.90 | 3.15 | 3.85 | 3.21 | 3.94 | 3.40 | 3.41 |
| N 250 | 2.88 | 2.90 | 3.83 | 3.22 | 3.85 | 3.28 | 3.33 |
| N diag. | 3.14 | 3.31 | 3.78 | 3.27 | 4.14 | 3.78 | 3.57 |
| Vidēji | 2.97 | 3.08 | 3.65 | 3.04 | 3.99 | 3.51 | 3.37 |

Daudzfaktoru (4) dispersijas analīze rāda, ka triju gadu izmēģinājumos slāpekļa mēslojums, priekšaugi, augsne (Sig. 0.000<0.05) un audzēšanas gads (agrometeoroloģiskie apstākļi) (Sig. 0.002<0.05) kā atsevišķi faktori būtiski ietekmēja graudu ražas līmeni. Arī iepriekšminēto faktoru mijiedarbības rezultātā vasaras kviešu graudu ražu izmaiņu nozīmīgums tika pierādīts matemātiski. Būtiskas graudu ražas izmaiņas veidojās mēslojuma un priekšaugu, priekšaugu un augsnes, augsnes un gada jeb agrometeoroloģisko apstākļu mijiedarbības rezultātā (Sig. 0.000<0.05). Datu matemātiskā apstrāde parādīja arī trīs faktoru: mēslojums – priekšaugs – gads un priekšaugs – augsne – gads savstarpēju mijiedarbības būtisko nozīmi graudu ražas līmeņa nodrošināšanā triju gadu laikā (Sig. 0.000<0.05). Izvēlētais datu matemātiskās apstrādes modelis lielā mērā, par 83.7 %, raksturo pētāmos ražas datus (determinācijas koeficients $R^2$ = 0.837).

Ar datorprogrammas MS SPSS palīdzību tika vērtēts atsevišķu faktoru ietekmes īpatsvars jeb ietekmes lielums. Konstatēts, ka lielākā ietekme uz vasaras kviešu graudu ražu bija slāpekļa mēslojumam ($\eta^2$ = 0.388). Otrs nozīmīgākais faktors izrādījās priekšaugs, kura ietekmes īpatsvars bija $\eta^2$ = 0.355. Augsnes granulometriskā sastāva ietekmes īpatsvars jau bija daudz mazāks, un tika novērtēts kā $\eta^2$ = 0.056, bet agrometeoroloģiskajiem apstākļiem bija mazākā ietekme uz graudu ražu $\eta^2$ = 0.034. Liels ietekmes īpatsvars bija konstatēta arī faktoru mijiedarbībai. Faktoru priekšaugs – gads mijiedarbība vērtējama kā $\eta^2$ = 0.677, kas arī bija lielākā starp pārējo graudu ražu ietekmējošo faktoru mijiedarbībām. Nozīmīga ietekme bija faktoru mijiedarbībai priekšaugs – augsne, kuras īpatsvars bija $\eta^2$ = 0.211. Faktoru mēslojums – priekšaugs mijiedarbība sastādīja $\eta^2$ = 0.139 vienības. Aprēķinātie faktoru ietekmes lielumi pierāda, ka, analizējot tikai viena faktora ietekmi uz pētāmo objektu, ne vienmēr būs izdarīts objektīvs slēdziens. Tā vienā gadījumā gada, jeb agrometeoroloģisko apstākļu faktoram ietekme uz vasaras kviešu graudu ražu ir viena no mazākajām, taču divu faktoru (gads un priekšaugs) kopējas, jeb mijiedarbības rezultātā novērota viena no lielākajām graudu ražas izmaiņām.

### 3.4.1. Slāpekļa mēslojuma ietekme uz ražu

Datu matemātiskās analīzes rezultāti liecina, ka, no visiem pētāmajiem faktoriem, lielāko ietekmi uz graudu ražu izmēģinājumos atstāja slāpekļa mēslojums. Apkopojot 17 lauka izmēģinājumu rezultātus, izrādījās, ka kontroles variantā (bez slāpekļa mēslojuma) vidējā vasaras kviešu graudu raža bija 2.77 t $ha^{-1}$ (3.9. att., 8. pielikums). Variantā ar slāpekļa mēslojuma normu 50 kg $ha^{-1}$ vasaras kviešu raža bija 3.35 t $ha^{-1}$, kas izrādījās par 0.58 t $ha^{-1}$ vairāk graudu nekā variantā bez slāpekļa mēslojuma lietošanas, un tas bija būtisks graudu ražas pieaugums ņemot vērā kritisko robežstarpību $RS_{0.05}$ = 0.382 t $ha^{-1}$. Iestrādājot 100 kg $ha^{-1}$ slāpekļa, graudu raža bija 3.58 t $ha^{-1}$. Tas bija par 0.81 t $ha^{-1}$ vairāk nekā kontroles variantā, taču salīdzinājumā ar iepriekšējo normu 50 kg $ha^{-1}$ graudu ražas pieaugums 0.23 t $ha^{-1}$ vairs nebija būtisks, jo nepārsniedza kritisko robežstarpību $RS_{0.05}$ = 0.382 t $ha^{-1}$. Nenozīmīgs graudu ražas pieaugums bija palielinot slāpekļa mēslojuma normu no 100 kg $ha^{-1}$ līdz 150 kg $ha^{-1}$, tikai 0.02 t $ha^{-1}$.




3.9. att. Vasaras kviešu graudu ražas pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē, t $ha^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.).

$RS_{0.05}$ = 0.382 t $ha^{-1}$

Diagnostikas variantā katram izmēģinājumu variantam slāpekļa norma tika precizēta pēc augu nodrošinājuma ar slāpekli cerošanas fāzes beigās izmantojot nitrātu satura diagnostikas ekspresmetodi. Diagnostikas varianta vidējā slāpekļa mēslojuma norma bija 77 kg $ha^{-1}$ (3.9. att. ). Ar šādu slāpekļa mēslojumu tika iegūtas vidēji 3.57 t $ha^{-1}$ vasaras kviešu graudu, kas bija tikai par 0.01 t $ha^{-1}$ mazāk nekā variantā ar 100 kg $ha^{-1}$ lielu slāpekļa normu, pie tam ietaupītais slāpekļa mēslojums bija 23 kg $ha^{-1}$ tīrvielas.

Slāpekļa normas palielināšana virs 150 kg $ha^{-1}$ nedeva būtisku graudu ražas pieaugumu. Variantos ar slāpekļa mēslojumu 200 un 250 kg $ha^{-1}$ vasaras kviešu raža bija pat attiecīgi par 0.24 un 0.27 t $ha^{-1}$ mazāka (Sig. 0.003<0.05) nekā audzējot tos 150 kg $ha^{-1}$ lielas slāpekļa mēslojuma normas ietekmē Ražas samazināšanos varētu izskaidrot ar vasaras kviešu veldrēšanos lietojot lielākās slāpekļa mēslojuma normas,

kas atsevišķos gados sasniedza pat 5 – 4 balles (60 – 80 % no lauciņu platības). Vasaras kviešu veldrēšanās intensitāte vidēji izmēģinājuma trijos gados atspoguļota 3.4. tabulā.

3.4. tabula

**Vasaras kviešu veldrēšanās pakāpe, vidēji 1999. – 2001. g., ballēs**

| Slāpekļa mēslojums, kg ha$^{-1}$ | Pēc zālaugiem | | Pēc graudaugiem | | Pēc kartupeļiem | | Vidēji |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mS | sM | mS | sM | mS | sM | |
| N 0 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| N 50 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| N 100 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| N 150 | 7 | 7 | 9 | 8 | 9 | 7 | 8 |
| N 200 | 6 | 5 | 8 | 7 | 7 | 6 | 6 |
| N 250 | 4 | 5 | 7 | 6 | 5 | 6 | 6 |
| N diag. | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Vidēji | 7 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 |

Vasaras kviešu lielākā veldre novērota izmēģinājumu variantos pēc zālaugiem, kad, mālsmilts augsnē lietojot 250 kg ha$^{-1}$ slāpekļa mēslojumu, vidēji trijos gados veldre sasniedza 4 balles. Bet mazāk vasaras kvieši veldrējās pēc graudaugiem, maksimumu – 6 balles sasniedzot smilšmāla augsnē pie 250 kg ha$^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma (3.4. tab.).

Variantos ar slāpekļa mēslojumu 50 un 100 kg ha$^{-1}$ un diagnostikas variantā veldres praktiski nebija (vidēji 9 balles), bet variantā ar 150 kg ha$^{-1}$ lielu slāpekļa mēslojumu veldre bija tikai no 9 līdz 7 ballēm.

Vasaras kviešu veldrēšanās izmēģinājumos tika konstatēta galvenokārt augu piengatavības fāzē, kad pēc stipra lietus un brāzmaina vēja augi ar lielāko veģetatīvo masu sakrita veldrē. Augu veldrēšanās negatīvi ietekmēja optimālo lapu sakārtojumu, kā arī gāzu un mitruma apmaiņas režīmu, bija nodrošināti labvēlīgi apstākļi (mitrums un siltums) graudaugu slimību attīstībai, kā rezultātā vasaras kviešiem tika traucēts graudu veidošanās process. Saveldrētos sējumos bija apgrūtināta ražas novākšana ar kombainu.

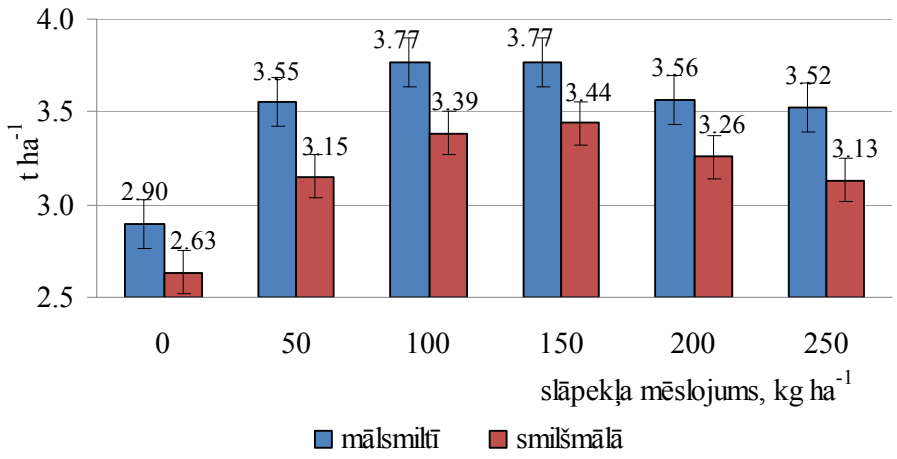
Sakarā ar augsnes granulometriskā sastāva un priekšaugu dažādās ietekmes savstarpējo izlīdzināšanos, slāpekļa mēslojuma normu radītā graudu ražu starpība vidēji visos izmēģinājumos nebija tik izteikta kā atsevišķos izmēģinājumos. Tāpēc nākošajās nodaļās tiks analizēta augsnes granulometriskā sastāva un priekšaugu ietekme uz graudu ražu pieaugoša slāpekļa mēslojuma apstākļos.

### 3.4.2. Augsnes granulometriskā sastāva un slāpekļa ietekme uz ražu

Vasaras kviešu graudu ražas atšķirības bija vērojamas arī dažāda granulometriskā sastāva augsnēs. Augsnes granulometriskā sastāva ietekmi uz vasaras kviešu ražu atspoguļo 3.10. attēls. Iegūtie rezultāti liecina, ka graudu ražas līmenis pētītajās augsnēs ievērojami atšķiras.

Triju gadu laikā variantā bez slāpekļa mēslojuma mālsmilts augsnē iegūts vidēji par 0.27 t ha$^{-1}$ graudu vairāk nekā smilšmāla augsnē, kas bija būtiski pie kritiskās robežstarpības augsnes granulometriskajam sastāvam $RS_{0.05}$ = 0.152 t ha$^{-1}$ ($P = 0.000<0.05$). Lietojot pieaugošas slāpekļa mēslojuma normas, kviešu graudu ražas mālsmilts augsnē bija būtiski augstākas visos slāpekļa mēslojuma variantos. Pie tam

slāpekļa mēslojuma variantos ar 50 kg ha$^{-1}$ un 100 kg ha$^{-1}$ N lielām mēslojuma normām starpība starp mālsmilts un smilšmāla augsnēs iegūtajām graudu ražām vēl vairāk pieauga, attiecīgi mālsmilts augsnē iegūts par 0.4 t ha$^{-1}$ un 0.38 t ha$^{-1}$ vairāk graudu nekā smilšmāla augsnē, kas bija būtiski pie kritiskās robežstarpības augsnes granulometriskajam sastāvam $RS_{0.05}$ = 0.152 t ha$^{-1}$.




3.10. att. Vasaras kviešu graudu ražas augsnes granulometriskā sastāva ietekmē, t ha$^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.).

Augsnes granulometriskajam sastāvam $RS_{0.05}$ = 0.152 t ha$^{-1}$

Izmēģinājumu rezultāti rāda, ka, audzējot vasaras kviešus dažāda granulometriskā sastāva augsnēs (mālsmilts un smilšmāla) ražas atšķirība starp vienādiem variantiem var būt 0.3 – 0.4 t ha$^{-1}$, kas bija būtiski lielāka par kritisko robežstarpību $RS_{0.05}$ = 0.152 t ha$^{-1}$ (9. pielikums). Pie tam šajā gadījumā labāki rezultāti tika iegūti vasaras kviešus audzējot mālsmilts augsnē. Tas nozīmē, ka vasaras kviešu audzēšanai Viduslatvijas reģionā piemērotāka bija mālsmilts augsne.

### 3.4.3. Priekšaugu un slāpekļa ietekme uz ražu

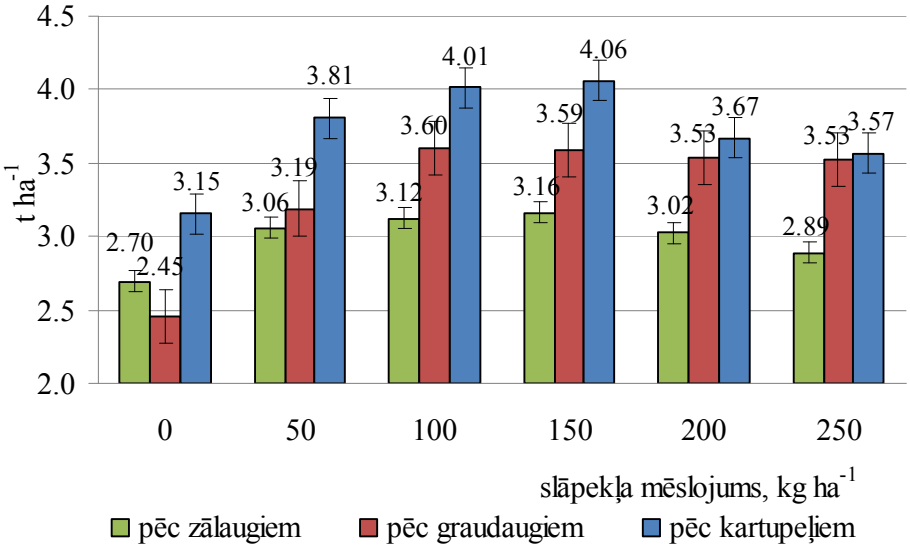
Izmēģinājumā iegūto datu matemātiskās analīzes (programma SPSS, Post Hoc tests) rezultāti liecina par būtiskām atšķirībām starp zālaugu, kartupeļu un graudaugu kā priekšaugu ietekmi uz vasaras kviešu graudu ražu (Sig. 0.000<0.05). Tas apstiprina priekšaugu svarīgo lomu vasaras kviešu graudu ražas veidošanā (9. pielikums).

Priekšauga ietekme uz vasaras kviešu ražu labāk ir novērtējama variantā bez slāpekļa mēslojuma. Šajā variantā visvairāk – 3.15 t ha$^{-1}$ graudu iegūts pēc kartupeļiem, kur graudu raža bija par 0.45 t ha$^{-1}$ lielāka ($RS_{0.05}$ = 0.226 t ha$^{-1}$) nekā pēc zālaugiem un par 0.70 t ha$^{-1}$ lielāka ($RS_{0.05}$ = 0.216 t ha$^{-1}$) nekā pēc graudaugiem (3.11. att.). Variantā bez slāpekļa mēslojuma pēc zālaugiem tika iegūta par 0.25 t ha$^{-1}$ lielāka graudu raža nekā audzējot vasaras kviešus pēc graudaugiem, un tā bija būtiska atšķirība pie $RS_{0.05}$ = = 0.216 t ha$^{-1}$. Analizējot dažādu priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva nozīmi vasaras kviešu audzēšanā, pieaugošu slāpekļa mēslojuma normu ietekmē, noteikti jāņem vērā arī šo faktoru mijiedarbības efekts, kura ietekmes nozīmīgums pierādījās matemātiski apstrādājot iegūtos izmēģinājumu datus (Sig. 0.000<0.05).

Kartupeļi kā priekšaugs nodrošināja lielāko vasaras kviešu ražu abās granulometriskā sastāva augsnēs. Mālsmilts augsnē tā bija 4.25 t ha$^{-1}$ (iestrādājot 100 kg ha$^{-1}$ N), bet smilšmāla augsnē bija 3.90 t ha$^{-1}$ liela graudu raža (iestrādājot

150 kg ha$^{-1}$ N) (3.3. tab., 3.11. att.). Graudu raža pēc kartupeļiem audzētajiem vasaras kviešiem, iestrādājot 50 līdz 150 kg ha$^{-1}$ slāpekļa, vidēji abās augsnēs bija par 0.42 – 0.61 t ha$^{-1}$ augstāka nekā pēc graudaugiem un par 0.75 – 0.89 t ha$^{-1}$ augstāka nekā pēc zālaugiem audzētajiem kviešiem ($RS_{0.05}$ = 0.226 t ha$^{-1}$).

Lielākais ražas pieaugums slāpekļa mēslojuma ietekmē novērots variantā, kur vasaras kvieši tika audzēti pēc graudaugiem (3.11. att.). Strauja ražas līmeņa palielināšanās konstatēta lietojot 50 kg ha$^{-1}$ un 100 kg ha$^{-1}$ lielas slāpekļa normas, kuru ietekmē kviešu graudu raža pieauga no 2.45 t ha$^{-1}$ variantā bez slāpekļa mēslojuma attiecīgi līdz 3.19 t ha$^{-1}$ un 3.6 t ha$^{-1}$, kas bija būtiski (0.74; 0.41>$RS_{0.05}$ 0.382 t ha$^{-1}$). Slāpekļa mēslojuma variantā 150 kg ha$^{-1}$ tika nokultas 3.59 t ha$^{-1}$ graudu, kas bija praktiski tik pat cik variantā ar 100 kg ha$^{-1}$ lielu slāpekļa mēslojuma normu. Nelietderīgas izrādījās slāpekļa mēslojuma normas 200 un 250 kg ha$^{-1}$, kuru ietekmē vasaras kviešu graudu raža samazinājās (vidēji triju gadu laikā attiecīgi līdz 3.53 un 3.57 t ha$^{-1}$ graudu).




3.11. att. Vasaras kviešu graudu raža priekšaugu ietekmē, t ha$^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.).

Starp priekšaugiem zālaugi un graudaugi $RS_{0.05}$ = 0.216 t ha$^{-1}$, starp kartupeļiem un graudaugiem, starp zālaugiem un kartupeļiem $RS_{0.05}$ = 0.226 t ha$^{-1}$, atsev. starp. $RS_{0.05}$ = 0.54 t ha$^{-1}$.

Pēc zālaugiem audzēto vasaras kviešu graudu ražu slāpekļa mēslojums ietekmēja mazāk nekā pēc abiem pārējiem priekšaugiem (3.11. att.). Šajā variantā 50 kg ha$^{-1}$ liels slāpekļa mēslojums graudu ražu palielināja par 0.36 t ha$^{-1}$, salīdzinot ar variantu bez slāpekļa mēslojuma lietošanas. Būtisku graudu ražas pieaugumu nodrošināja 100 kg ha$^{-1}$ liela slāpekļa mēslojuma norma, kuras ietekmē iegūts 3.12 t ha$^{-1}$, jeb par 0.42 t ha$^{-1}$ graudu vairāk nekā variantā bez slāpekļa mēslojuma. Tālāka slāpekļa mēslojuma normas palielināšana līdz 150 kg ha$^{-1}$ graudu ražu būtiski nemainīja, sasniedzot 3.16 t ha$^{-1}$, bet lielākais slāpekļa mēslojums 200 un 250 kg ha$^{-1}$ ražas līmeni pat samazināja, veidojot izmēģinājuma lielāko vasaras kviešu veldri – 4 līdz 8 balles (3.4. tab.).

Variantos bez slāpekļa mēslojuma labākais vasaras kviešu priekšaugs izrādījās kartupeļi, novirzot otrajā vietā zālaugus, bet atkārtota graudaugu audzēšana deva mazāko ražu. Savukārt visos variantos ar slāpekļa mēslojumu augstākās ražas tika iegūtas audzējot vasaras kviešus pēc kartupeļiem, bet otrajā vietā izvirzījās varianti ar priekšaugu – graudaugi, atstājot pēdējā vietā zālaugus.

Negaidīti zemā vasaras kviešu raža pēc zālaugiem varētu būt skaidrojama ar zālaugu sējumā esošo stiebrzāļu pārsvaru pār āboliņu, kas pirmajā sējas gadā vēl nespēja izveidot pietiekami lielu veģetatīvo masu, līdz ar to arī slāpekļa krājumus, kuri nākošajā gadā labvēlīgi ietekmētu graudu ražu vasaras kviešiem. Arī K. Špoģa un Krievijas zinātnieka S. Vorobjova pētījumos (Špoģis, 1974; Воробьев, 1979) pierādījās fakts: jo mazāk zālaugu sastāvā ir tauriņziežu, jo vājāka tā pozitīvā ietekme uz pēcauga – vasaras kviešu ražas līmeni. Šeit būtu noteikti jāpiemin arī lielākā veldrēšanās intensitāte izmēģinājumu lauciņos pēc zālaugiem, kas iespējams arī bija viens no cēloņiem samazinātai graudu ražai.

Izmēģinājumu rezultāti rāda, ka:

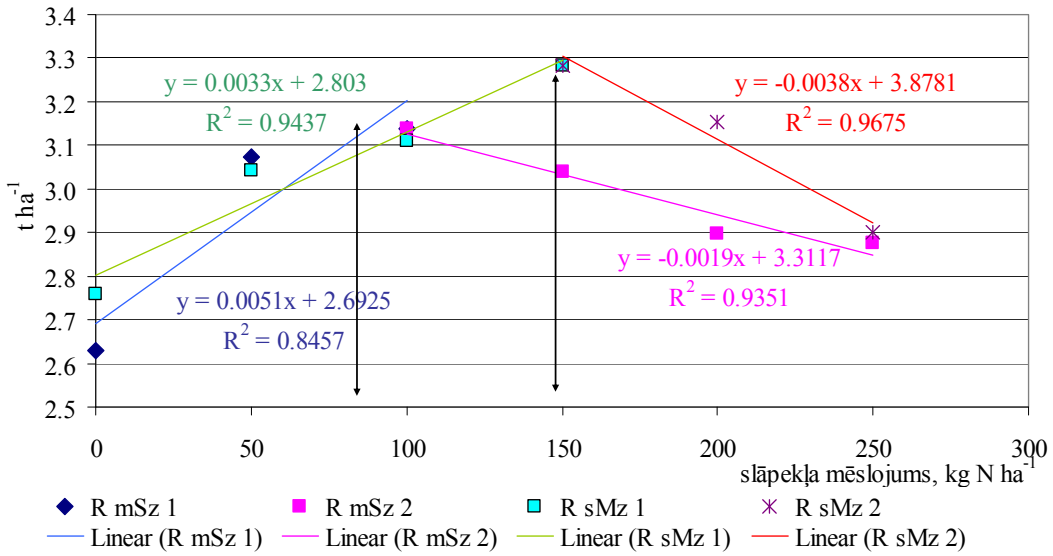
- labākie vasaras kviešu augšanas un attīstības apstākļi bija izmēģinājumu lauciņos pēc kartupeļiem, kur tika iegūtas augstākas graudu ražas,
- vasaras kvieši īpaši atsaucīgi uz slāpekļa mēslojumu, ja tos audzē pēc graudaugiem, par ko liecina lielākie ražas pieaugumi,
- pēc zālaugiem audzēto kviešu raža slāpekļa mēslojuma ietekmē būtiski pieauga tikai mālsmilts augsnē ar slāpekļa normu līdz 50 kg $ha^{-1}$, bet tālāka slāpekļa mēslojuma normas palielināšana nedeva būtisku graudu ražas pieaugumu.

Tas nozīmē, ka slāpekļa mēslojumam, kā graudu ražu limitējošam faktoram, mazāka nozīme ir audzējot kviešus pēc zālaugiem, bet lielāka – audzējot tos pēc kartupeļiem vai graudaugiem.

Analizējot vasaras kviešu graudu ražas izmaiņas slāpekļa mēslojuma ietekmē mālsmilts (mS) un smilšmāla (sM) augsnē pēc katra priekšauga ar lineārās regresijas palīdzību tika noteikta iepriekšminēto faktoru mijiedarbības nozīme maksimālās graudu ražas sasniegšanā.

Audzējot vasaras kviešus pēc zālaugiem, graudu ražas pieaugums slāpekļa mēslojuma ietekmē mālsmilts augsnē bija straujāks, nekā smilšmāla augsnē (3.12. att.). Mālsmilts augsnē palielinot slāpekļa mēslojumu par 10 kg $ha^{-1}$ N graudu raža pieauga par 0.51 t $ha^{-1}$, $b_{yx}$ = 0.0051 t $ha^{-1}$. Graudu ražas pieauguma lūzuma punkts noteikts lineārās regresijas taišņu krustpunktā, kas bija atbilstoši 88 kg $ha^{-1}$ N lielam slāpekļa mēslojumam, sasniedzot maksimālo graudu ražu 3.14 t $ha^{-1}$. Smilšmāla augsnē vasaras kviešu graudu ražas pieauguma lūzuma punkts konstatēts 151 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma (3.30 t $ha^{-1}$ graudu raža) ietekmē, pēc kura sekoja straujš graudu ražas samazinājums $b_{yx}$ = -0.0038 t $ha^{-1}$.

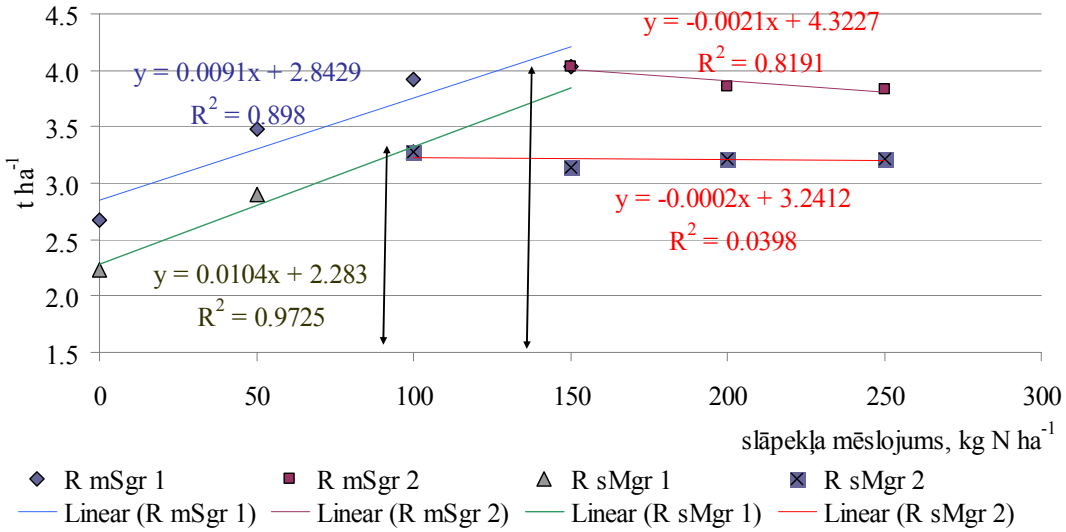
Graudaugi kā priekšaugs un mālsmilts augsne, mijiedarbojoties ar slāpekļa mēslojuma normu 150 kg $ha^{-1}$ nodrošināja vasaras kviešu ražu, kas bija līdzīga ražai, kas veidojās smilšmāla augsnei mijiedarbojoties ar slāpekļa mēslojuma normu 100 kg $ha^{-1}$ N un graudaugiem kā priekšaugu (3.13. att.).




3.12. att. Lineārās sakarības vasaras kviešu graudu ražai (R) pēc zālaugiem (z).

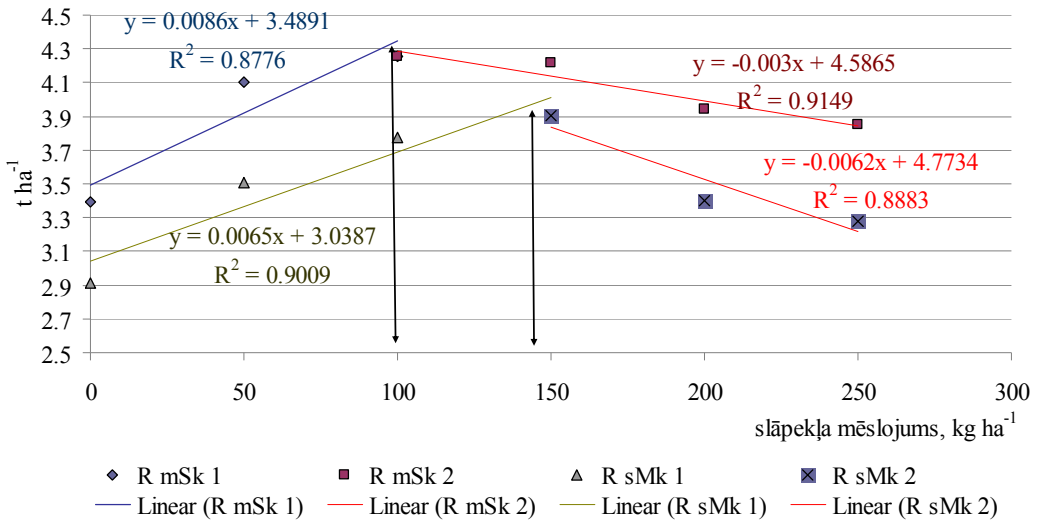
Vasaras kviešu graudu ražas pieauguma lūzuma punkts mālsmilts augsnē konstatēts pie 135 kg ha$^{-1}$ N liela slāpekļa mēslojuma, bet smilšmāla augsnē graudu raža sāka samazināties jau pie 96 kg ha$^{-1}$ N.

Smilšmāla augsne graudaugu kā priekšauga ietekmē samazināja maksimālo vasaras kviešu graudu ražas ieguvi, samazinot patērēto slāpekļa mēslojumu par 39 kg ha$^{-1}$ N .




3.13. att. Lineārās sakarības graudu ražai (R) pēc graudaugiem (gr).

Kartupeļi kā priekšaugs un slāpekļa mēslojuma norma līdz 100 kg ha$^{-1}$ N mijiedarbojoties ar mālsmilts augsni palielināja vasaras kviešu ražu straujāk nekā savstarpēji iedarbojoties ar smilšmāla augsni (3.14. att.). Smilšmāla augsnes un kartupeļu kā priekšauga mijiedarbības rezultātā vasaras kviešu raža palielinājās līdz 150 kg ha$^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma normai. Taču lineārās regresijas taišņu analīzes rezultāti rāda, ka graudu ražas pieauguma lūzuma punkts mālsmilts augsnē bija pie 99 kg ha$^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma, bet smilšmāla augsnē raža sāka samazināties pie 145 kg ha$^{-1}$ N.




3.14. att. Lineārās sakarības vasaras kviešu graudu ražai (R) pēc kartupeļiem (k).

Smilšmāla augsne, mijiedarbojoties ar kartupeļu pēcietekmi, samazināja maksimālo vasaras kviešu graudu ražu izmantojot par 46 kg ha$^{-1}$ N vairāk slāpekļa mēslojuma nekā mālsmilts augsnē.

Tātad iegūtie rezultāti rāda, ka, mijiedarbojoties augsnes granulometriskajam sastāvam ar priekšaugiem, veidojās atšķirīgi nosacījumi slāpekļa mēslojuma efektivitātei vasaras kviešu ražas veidošanā.

### 3.5. Aprēķinātais ekonomiski optimālais slāpekļa mēslojums

Pēc izmēģinājumos iegūtajām graudu ražām tika sastādīti polinoma regresijas vienādojumi, ar kuru palīdzību izrēķinātas ekonomiski optimālas slāpekļa mēslojuma normas (pēc Dānijas Lauksaimniecības institūta zinātnieku izstrādātās metodikas). Iegūtas sešas regresijas līknes un atbilstoši determinācijas koeficienti, kas raksturo ražas izmaiņas pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē.

Mālsmilts augsnē vasaras kviešu graudu ražas izmaiņas, audzējot tos pēc graudaugiem, attēlo otrās pakāpes polinoma regresijas vienādojums:

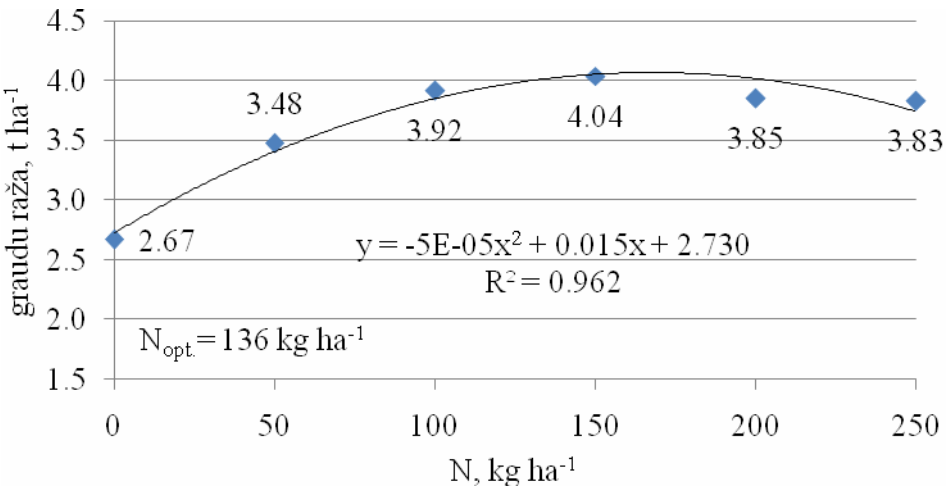
$$y = -5E-05x^2 + 0.015x + 2.73\,, \qquad (7)$$

kur

y – graudu raža, t ha$^{-1}$;

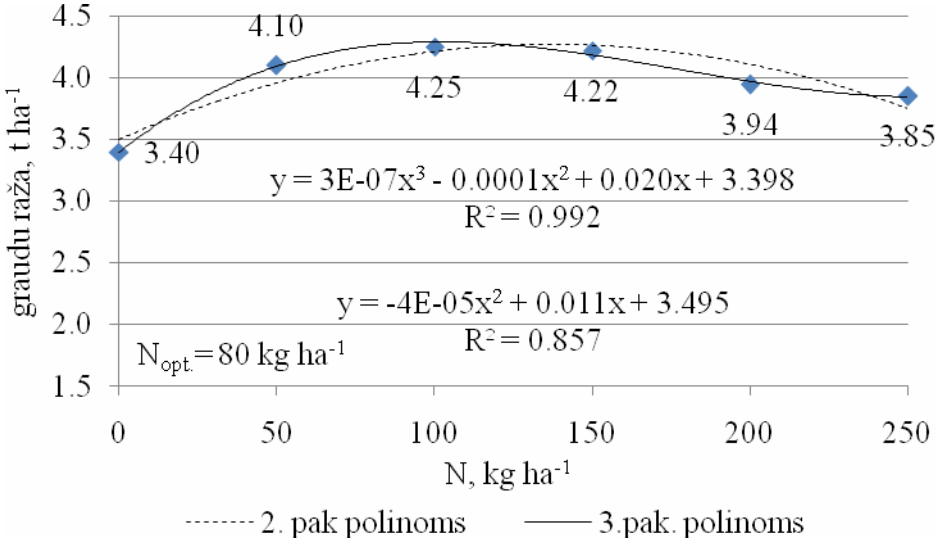
x – slāpekļa mēslojums, kg ha$^{-1}$ N.

Ar šo vienādojumu ir attēloti 96.2 % no graudu ražas izmaiņām pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē, jo determinācijas koeficients ir $R^2$ = 0.962 (3.15. att., 10. pielikums). Prognozes vērtības standartkļūda ir 0.126929. Tas norāda uz veiksmīgi izvēlētu, datus aprakstošu matemātisko modeli. F – testa p – vērtība 0.0072 ir mazāka par 0.05, tātad regresijas vienādojums statistiski nozīmīgi izskaidro graudu ražas izmaiņas.




3.15. att. Vasaras kviešu graudu ražas regresijas līkne mālsmilts augsnē pēc graudaugiem.

Ekonomiski izdevīgākais slāpekļa mēslojums triju gadu laikā mālsmilts augsnē pēc graudaugiem bija 136 kg ha$^{-1}$ N, pie kura iegūtas 4.02 t ha$^{-1}$ vasaras kviešu graudu. Teorētiski noteiktā ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma norma 136 kg ha$^{-1}$ N atrodas pa vidu starp slāpekļa mēslojuma variantiem 100 un 150 kg ha$^{-1}$ N, kas vēl nodrošināja graudu ražas pieaugumu.




3.16. att. Vasaras kviešu graudu ražas regresijas līkne mālsmilts augsnē pēc kartupeļiem.

Mālsmilts augsnē pēc kartupeļiem audzētu vasaras kviešu graudu ražas izmaiņu attēlošanai, otrās pakāpes polinoma regresijas vienādojums bija mazāk piemērots, jo pārbaudot regresijas vienādojuma būtiskumu izrādījās, ka F – testa p – vērtība 0.053627 ir lielāka par 0.05, tātad regresijas vienādojums statistiski nenozīmīgi izskaidro graudu ražas izmaiņas. Tāpēc precīzākai vasaras kviešu graudu ražas izmaiņu attēlošanai tika izmantota trešās pakāpes polinoma regresija (3.16. att., 11. pielikums):

$$y = 3E-07x^3 - 0.0001x^2 + 0.02x + 3.398, \qquad (8)$$

kur

y – graudu raža, t $ha^{-1}$;

x – slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$ N.

Ar šo vasaras kviešu ražas izmaiņu modeli dotajos apstākļos attēloti 99.2 % gadījumu. Determinācijas koeficients – $R^2$ = 0.992. F – testa p – vērtība 0.010622 ir mazāka par 0.05, tātad regresijas vienādojums statistiski nozīmīgi izskaidro graudu ražas izmaiņas. Ekonomiski optimālā raža bija 4.25 t $ha^{-1}$ un tās iegūšanai nepieciešami 80 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa.

Arī mālsmilts augsnē pēc zālaugiem vasaras kviešu graudu ražas izmaiņu raksturošanai piemērotāks izrādījās trešās pakāpes polinomās regresijas vienādojums(3.17. att., 12. pielikums)

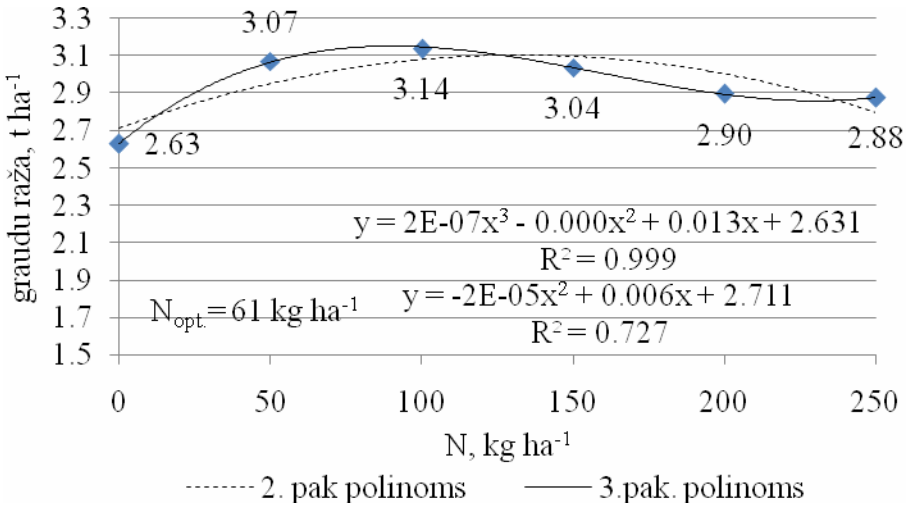
$$y = 2E-07x^3 - 0.0001x^2 + 0.013x + 2.631, \qquad (9)$$

kur

y – graudu raža, t $ha^{-1}$;

x – slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$ N.

Pārbaudot otrās pakāpes regresijas vienādojuma statistisko būtiskumu, izrādījās, ka tas nepietiekami nozīmīgi izskaidro graudu ražas izmaiņas (F – testa p – vērtība 0.220793 ir lielāka par 0.05). Tāpēc par pamatu slāpekļa mēslojuma optimuma noteikšanai tika izmantots trešās pakāpes polinoma regresijas vienādojums, kas būtiski izskaidroja graudu ražas izmaiņas pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē (F – testa p – vērtība 0.016898 mazāka par 0.05). Izmēģinājumu apstākļos audzētajiem vasaras kviešiem ekonomiski optimālās ražas ieguvei vajag lietot tikai 61 kg $ha^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojumu. Šāda likumsakarība atbilst 99.9 % gadījumos, jo determinācijas koeficients ir $R^2$ = 0.999 (3.17. att.). Lietojot 61 kg $ha^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojuma normu, teorētiski tiktu iegūta 3.12 t $ha^{-1}$ liela graudu raža. Otrās pakāpes polinoma neprecizitāte veidojās lielo mēslojuma normu (200 un 250 kg $ha^{-1}$) variantos, kurus varētu arī neņemt vērā, jo optimālā graudu raža noteikta jau pie 61 kg $ha^{-1}$ N lielas slāpekļa mēslojuma normas.




3.17. att. Vasaras kviešu graudu ražas līkne mālsmilts augsnē pēc zālaugiem.

Smilšmāla augsnē vasaras kviešu graudu ražas izmaiņas, audzējot tos pēc graudaugiem, attēlotas ar otrās pakāpes regresijas vienādojumu (3.18. att., 13. pielikums):

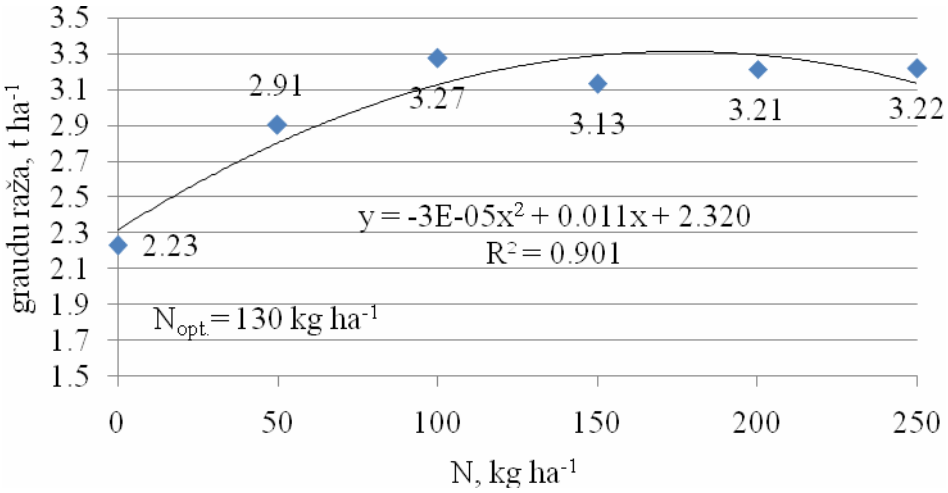
$$y = -3E-05x^2 + 0.011x + 2.32, \qquad (10)$$

kur

y – graudu raža, t $ha^{-1}$;

x – slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$ N.

Prognozes vērtības standartkļūda ir 0.160626, kas liecina par pareizi izvēlētu matemātisko datu apstrādes modeli. F – testa p – vērtība 0.031 ir mazāka par 0.05, tātad regresijas vienādojums statistiski nozīmīgi izskaidro graudu ražas izmaiņas.




3.18. att. Vasaras kviešu graudu ražas regresijas līkne smilšmāla augsnē pēc graudaugiem.

Smilšmāla augsnē pēc graudaugiem audzētajiem vasaras kviešiem ekonomiski optimālās ražas – 3.24 t $ha^{-1}$ ieguvei vajag 130 kg $ha^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojumu. Ar otrās pakāpes polinoma regresijas modeli var izskaidrot 90.1 % gadījumos, pie determinācijas koeficienta ir $R^2 = 0.901$.

Smilšmāla augsnē vasaras kviešu graudu ražas izmaiņas, audzējot tos pēc kartupeļiem, pietiekoši labi attēlo otrās pakāpes polinoma regresijas vienādojums (3.19. att., 14. pielikums):

$$y = -5E-05x^2 + 0.012x + 2.948, \qquad (11)$$

kur

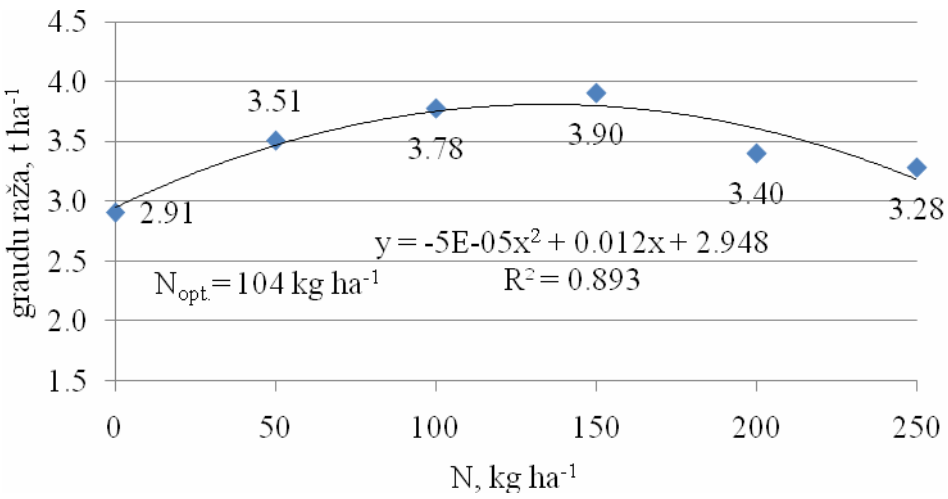
y – graudu raža, t $ha^{-1}$;

x – slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$ N.

Prognozes vērtības standartkļūda ir 0.150092, kas liecina par pareizi izvēlētu matemātisko datu apstrādes modeli. F – testa p – vērtība 0.0346 ir mazāka par 0.05, tātad regresijas vienādojums statistiski nozīmīgi izskaidro vasaras kviešu graudu ražas izmaiņas.

Smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem audzētajiem vasaras kviešiem ekonomiski optimālas ražas – 3.77 t $ha^{-1}$ ieguvei vajag 104 kg $ha^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojumu. Ar

polinoma regresijas modeli var izskaidrot 89.3 % no vasaras kviešu graudu ražas izmaiņām pieaugoša slāpekļa ietekmē, pie determinācijas koeficienta $R^2 = 0.893$.




3.19. att. Vasaras kviešu graudu ražas regresijas līkne smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem.

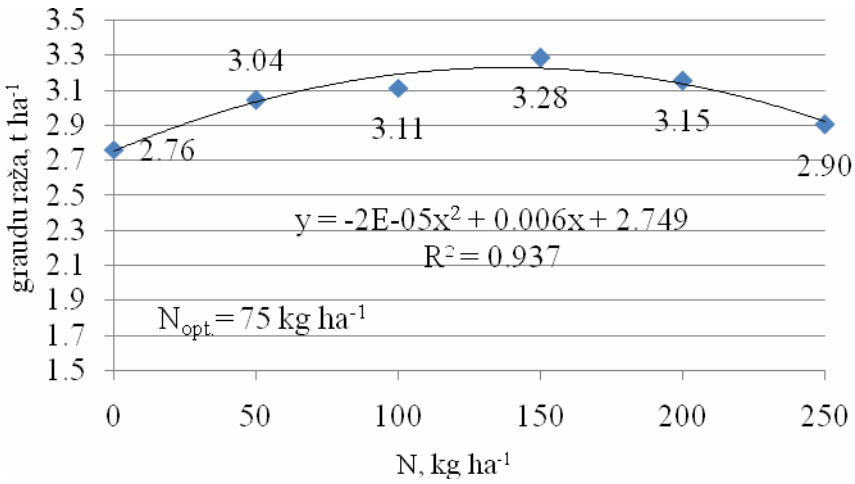
Smilšmāla augsnē vasaras kviešus audzējot pēc zālaugiem graudu ražas izmaiņu attēlošanai piemērotākais bija otrās pakāpes polinoma regresijas vienādojums (3.20. att., 15. pielikums):

$$y = -2E-05x^2 + 0.006x + 2.749, \qquad (12)$$

kur

y – graudu raža, t $ha^{-1}$;

x – slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$ N.




3.20. att. Vasaras kviešu graudu ražas regresijas līkne sM augsnē pēc zālaugiem.

Prognozes vērtības standartkļūda ir 0.060455. Balstoties uz regresijas vienādojumu, izmēģinājumu apstākļos audzētajiem vasaras kviešiem ekonomiski optimālās ražas – 3.08 t $ha^{-1}$ ieguvei vajag lietot tikai 75 kg $ha^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojuma normu. Ar polinoma regresijas modeli var izskaidrot 93.7 % no vasaras kviešu graudu ražas izmaiņām pieaugoša slāpekļa ietekmē. Determinācijas koeficients ir $R^2 = 0.937$.

Dažādu priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekmē optimāla slāpekļa mēslojuma norma triju gadu lauka izmēģinājumos svārstījās robežās no 61 līdz 136 kg $ha^{-1}$ N (3.5. tab.). Šādas svārstības var būtiski ietekmēt ne tikai ekonomisko, bet arī ekoloģisko situāciju praktiski jebkurā saimniecībā. Nevajadzīgi lietoti 74 kg $ha^{-1}$ slāpekļa var būtiski negatīvi ietekmēt apkārtējo vidi. Pie iepriekšminētās slāpekļa mēslojuma normas starpības, izdevumi slāpekļa mēslojuma iegādei svārstījās no 20 līdz 53 Ls $ha^{-1}$, kas nozīmīgi ietekmē graudu ražošanas pašizmaksu.

Lielākā graudu raža (vidēji 4.01 t $ha^{-1}$)iegūta audzējot kviešus pēc kartupeļiem un lietojot optimālo slāpekļa mēslojumu 92 kg $ha^{-1}$. Iepriekšējā gadā, audzējot kartupeļus, salīdzinoši intensīvi tika irdināta augsne un apkarotas daudzgadīgās nezāles, kas varētu būt par pamatu sekojošā gadā audzētā kultūrauga labākai augšanai (3.5. tab.).

Vairāk slāpekļa mēslojuma (vidēji 133 kg $ha^{-1}$ abās augsnēs) vasaras kviešu optimālās graudu ražas (vidēji 3.63 t $ha^{-1}$) sasniegšanai tika patērēts audzējot tos pēc graudaugiem. Atkārtotas graudaugu audzēšanas gadījumā augsnei varētu būt izveidojies "augsnes nogurums", kā rezultātā nākošajā gadā audzētais kultūraugs ir prasīgāks pēc papildus barības vielām.

Vasaras kviešiem slāpeklis vismazāk bija nepieciešams pēc zālaugiem, kad optimālais slāpekļa mēslojums vidēji divās augsnēs trīs gadu laikā bija 68 kg $ha^{-1}$ N, kura ietekmē ieguva 3.10 t $ha^{-1}$ graudu.

Vērtējot iegūtos bruto ieņēmumus var teikt, ka vasaras kviešu audzēšanai ekonomiski izdevīgākais priekšaugs bija kartupeļi, kur bruto ieņēmumi izrādījās vidēji 565 Ls $ha^{-1}$ (3.5. tab.). Mazāks ekonomiskais ieguvums no vasaras kviešu audzēšanas konstatēts variantos, kur priekšaugi bija graudaugi vai zālaugi.

3.5. tabula

**Vasaras kviešu audzēšanas optimālie rādītāji dažādos audzēšanas apstākļos**

| Priekšaugs | Augsne | $N_{opt.}$, kg $ha^{-1}$ | Raža pie $N_{opt.}$, t $ha^{-1}$ | Ieņēmumi pie $N_{opt.}$, Ls $ha^{-1}$ | Izdevumi slāpeklim, Ls $ha^{-1}$ | Brutto ieņēmumi, Ls $ha^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Graudaugi | mS | 136 | 4.02 | 603 | 60 | 543 |
| | sM | 130 | 3.24 | 486 | 57 | 429 |
| | vidēji | 133 | 3.63 | 544 | 59 | 495 |
| Kartupeļi | mS | 80 | 4.25 | 637 | 35 | 602 |
| | sM | 104 | 3.77 | 565 | 46 | 529 |
| | vidēji | 92 | 4.01 | 601 | 40 | 561 |
| Zālaugi | mS | 61 | 3.12 | 468 | 27 | 439 |
| | sM | 75 | 3.08 | 462 | 33 | 429 |
| | vidēji | 68 | 3.10 | 465 | 30 | 435 |
| Vidēji | mS | 92 | 3.80 | 569 | 41 | 528 |
| Vidēji | sM | 103 | 3.36 | 504 | 45 | 462 |

Variantos, kur kvieši tika audzēti pēc kartupeļiem izdevumi par slāpekļa mēslojumu bija vidēji 40 Ls $ha^{-1}$, kas ir par 19 Ls $ha^{-1}$ mazāk nekā vasaras kviešus audzējot pēc graudaugiem, taču par 10 Ls vairāk nekā audzējot pēc zālaugiem.

Vērtējot iegūto graudu kvalitāti pie optimālā mēslojuma, var teikt, ka smilšmāla augsnē pie noteiktajām optimālā slāpekļa mēslojuma normām iegūtie graudi bija piemēroti pārtikas ražošanai. Mālsmilts augsnē variantā ar kartupeļu priekšaugu iegūto graudu kvalitāte pārtikas rādītājus sasniedza pie 150 kg $ha^{-1}$ liela slāpekļa mēslojuma, pie kam graudu daudzums šāda mēslojuma ietekmē būtu tik pat liels kā pie optimālās slāpekļa normas 80 kg $ha^{-1}$.

Aprēķinātā optimālā slāpekļa mēslojuma norma mālsmilts augsnē a(pvienojot priekšaugu variantus) bija 92 kg $ha^{-1}$, kas ir par 11 kg $ha^{-1}$ mazāk nekā aprēķinātā optimālā slāpekļa mēslojuma norma smilšmāla augsnē – 103 kg $ha^{-1}$, ko pierādīja arī datu matemātiskā apstrāde (augsnes granulometriskais sastāvs būtiski ietekmē graudu ražu, skat. nodaļu 3.4.). Piemēram, vasaras kviešiem pēc kartupeļiem mālsmilts augsnē pie optimāla slāpekļa mēslojuma 80 kg $ha^{-1}$ N iegūts 4.25 t $ha^{-1}$ graudu, slāpekļa mēslojumam izlietojot 35 Ls $ha^{-1}$, bet kviešiem pēc kartupeļiem smilšmāla augsnē ekonomiski optimāla slāpekļa mēslojuma norma bija 104 kg $ha^{-1}$ N un tika iegūts 3.77 t $ha^{-1}$ graudu ar kopējiem izdevumiem slāpekļa mēslojumam 46 Ls $ha^{-1}$. Pēc viena un tā paša priekšauga (kartupeļi) graudu ražas starpība sasniedza 0.48 t $ha^{-1}$, slāpekļa mēslojums atšķīrās par 24 kg $ha^{-1}$ un izdevumi slāpekļa mēslojumam – par 11 Ls $ha^{-1}$, pie slāpekļa mēslojuma cenas 0.44 Ls $kg^{-1}$ N.

Līdzīgus rezultātus slāpekļa mēslojuma optimuma noteikšanā ir sasnieguši arī dāņu zinātnieki (Ostergaard, Knudsen 1996).

Iegūtā slāpekļa mēslojuma ekonomiski optimālā vērtība ir relatīvs skaitlis, kas ir atkarīgs no vasaras kviešu mēslošanas izmaksām un graudu iepirkuma cenas. Jo augstāka būs slāpekļa mēslojuma cena, jo zemāka būs ekonomiski izdevīgākā slāpekļa mēslojuma norma.

Aprēķinātās optimālās slāpekļa mēslojuma normas parādīja, ka vasaras kviešiem slāpekļa mēslojuma normu ir nepieciešams diferencēt gan pēc priekšauga gan arī pēc augsnes granulometriskā sastāva, jo optimālā slāpekļa norma pēc graudaugiem bija 133 kg $ha^{-1}$ N, pēc kartupeļiem – 92 kg $ha^{-1}$, pēc zālaugiem – 68 kg $ha^{-1}$ N, bet smilšmāla augsnē tā bija 103 kg $ha^{-1}$ N un mālsmilts augsnē – 92 kg $ha^{-1}$ N, kā arī, piemēram, variantā pēc kartupeļiem mālsmilts augsnē optimālā slāpekļa norma bija 80 kg $ha^{-1}$ N, bet smilšmālā – 104 kg $ha^{-1}$ N.

### 3.6. Vasaras kviešu graudu kvalitāte

Lai varētu runāt par ekonomiski izdevīgu graudu audzēšanu, liela nozīme ir ne tikai iegūto graudu daudzumam no platības vienības, bet arī graudu piemērotībai noteiktiem izmantošanas mērķiem, kas veido kopējo izaudzētās produkcijas vērtību. Parasti lielāki ienākumi ir no graudiem, ko izmanto pavairošanai vai arī pārtikai, bet mazāku samaksu var saņemt par lopbarībai vai tehniskajām vajadzībām izmantojamajiem graudiem, kam parasti tiek piemērotas ne tik stingras kvalitātes prasības.

Kviešu sēklaudzēšanas laukos izmanto augstas kvalitātes ģenētisko materiālu, kur īpaša uzmanība tiek pievērsta graudu tīrībai, dīgtspējai, izlīdzinātībai, veselīgumam u.c. Graudus pavairošanai audzē salīdzinoši mazās platībās, tāpēc turpmāk darbā tiks apskatīti graudu kvalitātes rādītāji, kas nepieciešami pārtikas ražošanai.

Galvenā pārtikas kviešu graudu izmantošanas nozare ir miltu un maizes ražošana. Maizes garša un citas īpašības ir atkarīgas no daudziem faktoriem: miltu ķīmiskā sastāva, mīklas fizikālām īpašībām, cepšanas metodēm u.c. Tomēr galvenā loma starp šiem faktoriem ir graudu kvalitātei. To raksturo fizikālie, ķīmiskie rādītāji un cepamīpašības, kā arī iegūto miltu tehnoloģiskās īpašības.

### 3.6.1. Tūkstots graudu masa

Tūkstots graudu masa raksturo graudu rupjumu. Rupjākas sēklas ir labāk izveidojušās un nobriedušas, tādēļ to kvalitāte ir augstāka.

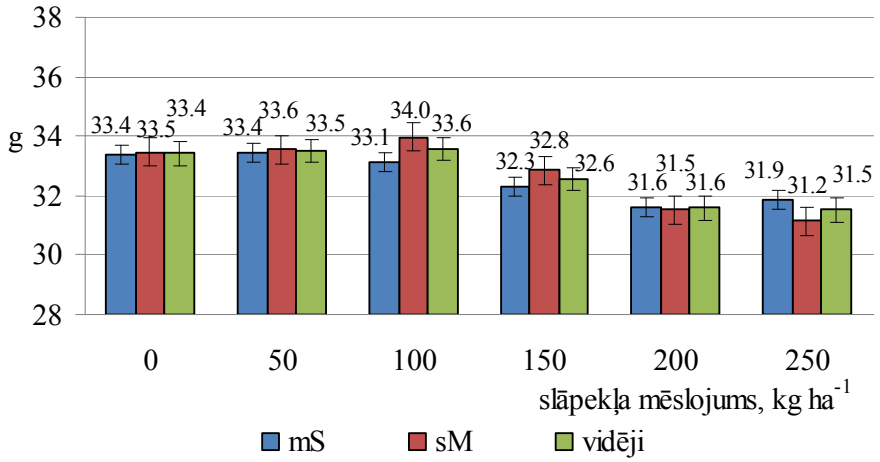
Triju gadu izmēģinājumos bija vērojama atšķirīga dažādu priekšaugu, slāpekļa mēslojuma un augsnes granulometriskā sastāva ietekme uz vasaras kviešu graudu rupjumu, jeb tūkstots graudu masu. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu tika novērota tūkstots graudu masas samazināšanās tendence, kas tika konstatēta arī citu zinātnieku pētījumos (Otteson, Mergoum, Ransom, 2007). K. Bamberga (Bambergs, 1954) pētījumos slāpekļa papildmēslojums vasaras kviešiem stiebrošanas fāzes vidū samazināja tūkstots graudu massu, bet slāpekļa mēslojums vārpošanas fāzes sākumā tūkstots graudu masu palielināja.

Smilšmāla augsnē audzēto vasaras kviešu tūkstots graudu masa vidēji trijos gados svārstījās no 30.2 g līdz 35.9 g, bet mālsmilts augsnē šis rādītājs bija 31 g līdz 34.5 g (16. pielikums).

Mālsmilts augsnē slāpekļa mēslojums būtiski ietekmēja graudu rupjumu ($P = 0.0019<0.05$). Divfaktoru dispersijas analīzes rezultātā konstatēts, ka slāpekļa mēslojuma faktora ietekmes īpatsvars $\eta^2 = 60.1$ % bija nozīmīgākais tūkstots graudu masas veidošanā (17. pielikums). Priekšaugu ietekmes īpatsvars $\eta^2 = 26.2$ % mālsmilts augsnē tūkstots graudu masu mainīja mazāk nekā slāpekļa mēslojums, tomēr arī dažādu priekšaugu ietekme izrādījās būtiska ($P = 0.0047<0.05$).

Smilšmāla augsnē gan slāpekļa mēslojumam ($P = 0.00036<0.05$), gan priekšaugiem ($P = 0.00019<0.05$) bija būtiska ietekme uz kviešu graudu lielumu.

Smilšmāla augsnē vasaras kviešiem priekšaugu faktora ietekmes īpatsvars $\eta^2 = 37.0$ % uz graudu rupjumu bija nedaudz lielāks nekā mālsmilts augsnē, taču joprojām mazāks nekā slāpekļa mēslojumam ($\eta^2 = 54.8$ %).

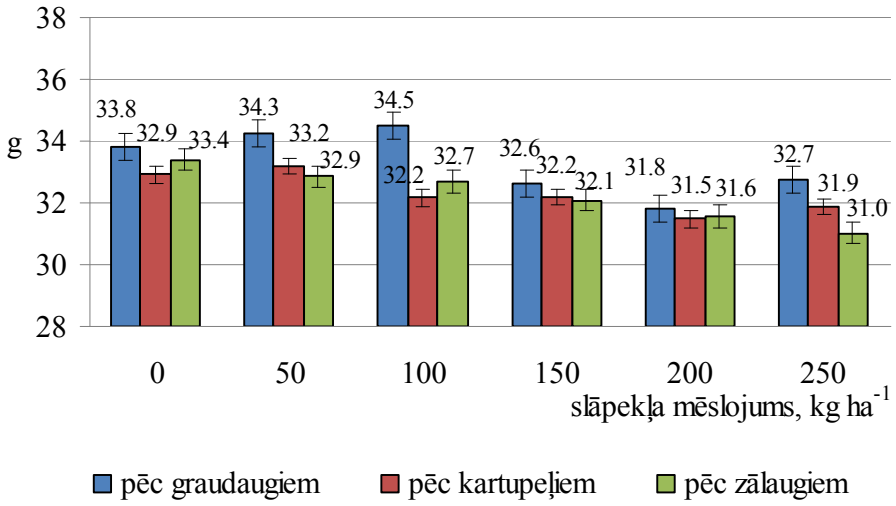



3.21. att. Tūkstots graudu masa, g (vid. 1999. – 2001. g.).

$RS_{0.05} = 0.60$ g

Mālsmilts augsnē nelielas slāpekļa mēslojuma normas (50; 100 kg ha$^{-1}$) tūkstots graudu masu praktiski neietekmēja, bet variantos ar lielajām slāpekļa normām tūkstots graudu masa: 32.3 g, 31.6 g un 31.2 g bija būtiski mazāka nekā variantā bez mēslojuma – 33.4 g vai variantos ar nelielu – 50 un 100 kg ha$^{-1}$ slāpekļa mēslojumu – 33.4 g un 33.1 g pie kritiskās robežstarpības $RS_{0.05}$ = 0.60 g P = 0.00196<0.05 (3.21. att.).

Līdzīgi kā mālsmilts augsnē arī smilšmāla augsnē kontroles variantā un variantos ar nelielu (50 un 100 kg ha$^{-1}$) slāpekļa mēslojumu tūkstots graudu masa bija gandrīz vienāda (33.5 – 34.0 g), jeb nebūtiski atšķirīga, pie kritiskās robežstarpības slāpekļa mēslojuma faktoram $RS_{0.05}$ = 0.70 g. Tālākas slāpekļa mēslojuma palielināšanas (līdz 150 – 250 kg ha$^{-1}$) rezultātā tūkstots graudu masa samazinājās līdz pat 30.2 g, kas bija būtisks tūkstots graudu masas samazinājums pie kritiskās robežstarpības slāpekļa mēslojuma faktoram $RS_{0.05}$ = 0.70 g.

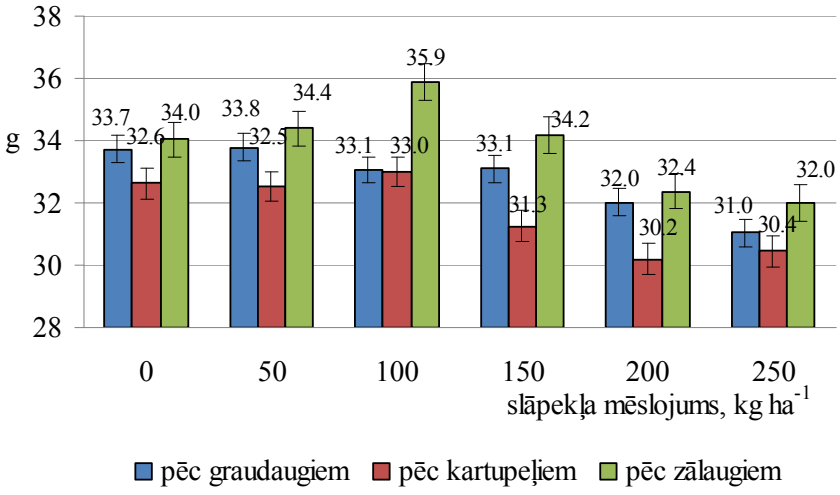



3.22. att. Tūkstots graudu masa mālsmilts augsnē, g (vid. 1999. – 2001. g.).
$RS_{0.05}$ = 0.84 g; atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.46 g

Analizējot priekšaugu ietekmi dažādās augsnēs redzams, ka pēc graudaugiem mālsmilts augsnē audzētajiem vasaras kviešiem tūkstots graudu masa bija vidēji par 1 g lielāka nekā variantos ar kartupeļu vai graudaugu priekšaugiem, kas bija būtiski pie kritiskās robežstarpības $RS_{0.05}$ = 0.84 g. Šajā variantā pie slāpekļa normas 100 kg ha$^{-1}$ tūkstots graudu masa bija būtiski lielāka, attiecīgi par 2.3 g un 1.8 g vairāk, nekā variantos ar kartupeļu un zālaugu priekšaugiem, ņemot vērā kritisko robežstarpību atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.46 g (3.22. att.). Turpmākā slāpekļa mēslojuma normas palielināšana no 100 līdz 150 vai 200 kg ha$^{-1}$ pēc graudaugiem audzētajiem kviešiem strauji (no 34.5 g attiecīgi uz 32.6 g un 31.8 g, jeb par 1.9 g un 2.7 g) samazināja tūkstots graudu masu, kas bija būtiski pie kritiskās robežstarpības atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.46 g. Slāpekļa mēslojuma fonā 150 un 200 kg ha$^{-1}$ tūkstots graudu masa bija līdzīga visos priekšaugu variantos. Variantos ar zālaugu un kartupeļu priekšaugiem tūkstots graudu masas savstarpējās atšķirības bija nebūtiskas.

Smilšmāla augsnē vidēji visos slāpekļa mēslojuma variantos rupjākie graudi iegūti variantā ar zālaugu priekšaugu – tūkstots graudu masa bija 33.8 g, kas bija būtiski lielāka nekā pēc graudaugiem (32.8 g) un kartupeļiem (31.7 g) augušo vasaras kviešu graudiem pie kritiskās robežstarpības priekšaugu faktoram $RS_{0.05}$ = 1.00 g P = 0.00019<0.05 (3.23. att., 17. pielikums).

Variantā bez slāpekļa mēslojuma lietošanas tūkstots graudu masa būtiski atšķīrās tikai starp kartupeļu un zālaugu priekšaugu variantiem attiecīgi iegūstot graudus ar 32.6 g un 34.0 g tūkstots graudu masu, pie kritiskās robežstarpības atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.72 g. Līdzīgi kā mālsmilts augsnē arī smilšmāla augsnē neliels (50 un 100 kg $ha^{-1}$) slāpekļa mēslojums tūkstots graudu masu ietekmēja nebūtiski, pie kritiskās robežstarpības atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.72 g. Izņēmums bija variants pēc zālaugiem, kur, slāpekļa mēslojuma normas 100 kg $ha^{-1}$ N ietekmē, smilšmāla augsnē tūkstots graudu masa būtiski palielinājās, salīdzinot ar kontroles variantu (34.0 g), vidēji trijos gados sasniedzot 35.9 g, pie kritiskās robežstarpības atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.72 g. Būtisks tūkstots graudu masas samazinājums bija novērots variantā ar zālaugu priekšaugu, kad tūkstots graudu masa samazinājās no 35.9 g variantā ar 150 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa normu līdz 34.2 g un 32.4 g lietojot 150 un 200 kg $ha^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojumu, pie kritiskās robežstarpības atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.72 g (3.23. att.).



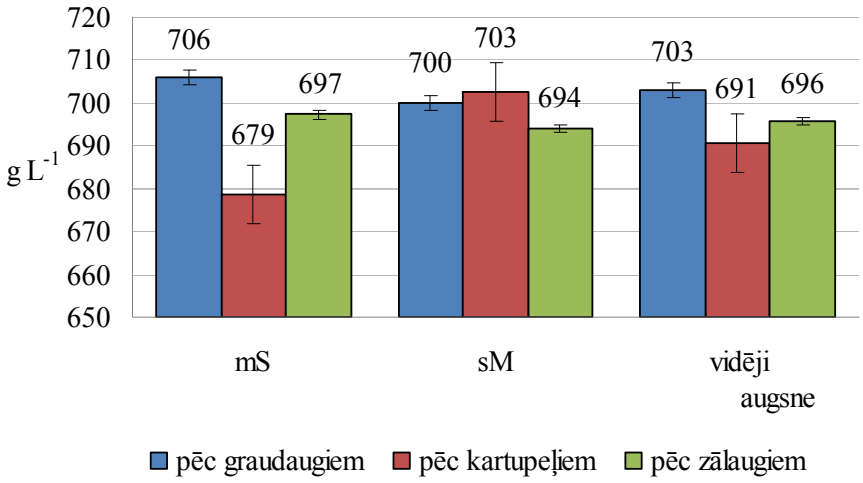

3.23. att. Tūkstots graudu masa smilšmāla augsnē, g (vid. 1999. – 2001. g.).
$RS_{0.05}$ = 1.00 g; atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.72 g

Kopumā abās augsnēs mazākās slāpekļa mēslojuma normas (50 un 100 kg $ha^{-1}$) būtiski nemainīja vasaras kviešu tūkstots graudu masu salīdzinājumā ar kontroli, bet palielinot slāpekļa mēslojumu no 150 līdz 250 kg $ha^{-1}$ N, tūkstots graudu masa būtiski samazinājās. Vērtējot priekšaugu ietekmi, jāatzīst, ka smilšmāla augsnē rupjākie graudi iegūti pēc zālaugiem iestrādājot 100 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa, bet mālsmilts augsnē pēc graudaugiem iestrādājot 50 un 100 kg $ha^{-1}$ N lielas slāpekļa normas.

### 3.6.2. Graudu tilpummasa

Svarīgs ražas kvalitātes rādītājs ir graudu tilpummasa. Šis rādītājs nosaka miltu iznākumu no graudiem. Jo lielāka ir graudu tilpummasa, jo vairāk no šiem graudiem var iegūt miltu. Lielāka graudu tilpummasa liecina par labāku graudu nogatavošanās pakāpi un bagātāku barības vielu krājumu tajos. Graudu tilpummasa lielā mērā atkarīga no labības šķirnes, sējas termiņa, sējumu biezības, pareiza mēslojuma (īpaši slāpekļa), slimību un veldres izplatības un novākšanas termiņa. Par 1. un 2. klasei atbilstošiem graudiem uzskatāmi graudi ar tilpummasu ne mazāku kā 730 g $L^{-1}$ (Latvijas Valsts Standarti LVS 273:2000L).

Izmēģinājumos iegūto vasaras kviešu graudu tilpummasa galvenokārt bija atkarīga no kviešu priekšaugiem un slāpekļa mēslojuma un tā normas palielināšanas. Abās pētītajās augsnēs tika konstatēta līdzīga tendence: palielinot slāpekļa mēslojuma normu, graudu tilpummasa samazinājās, kas ir konstatēta arī citu zinātnieku pētījumos (Otteson, Mergoum, Ransom 2007). Mālsmilts augsnē priekšaugu ietekmes īpatsvars $\eta^2$ = 76.0 % uz graudu tilpummasas izmaiņām bija daudz lielāks par slāpekļa mēslojuma ietekmes īpatsvaru $\eta^2$ = 21.3 %. Gan slāpekļa mēslojuma (P = 0.00018<0.05), gan vasaras kviešu priekšauga ietekme (P = 4.78E-08<0.05) uz graudu ražu bija būtiska (19. pielikums). Savukārt smilšmāla augsnē praktiski visas vasaras kviešu graudu tilpummasas izmaiņas noteica slāpekļa mēslojums, kura ietekmes īpatsvars bija $\eta^2$ = 75.1 % (P = 0.0013<0.05). Smilšmāla augsnē priekšaugu ietekme uz graudu tilpummasu nebija būtiska (P = 0.087>0.05), priekšaugu ietekmes īpatsvaram sastādot $\eta^2$ = 9.6 %.




3.24. att. Graudu tilpummasa dažādās augsnēs, g $L^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.).
$RS_{0.05}$ = 5.3 g $L^{-1}$ priekšaugiem.

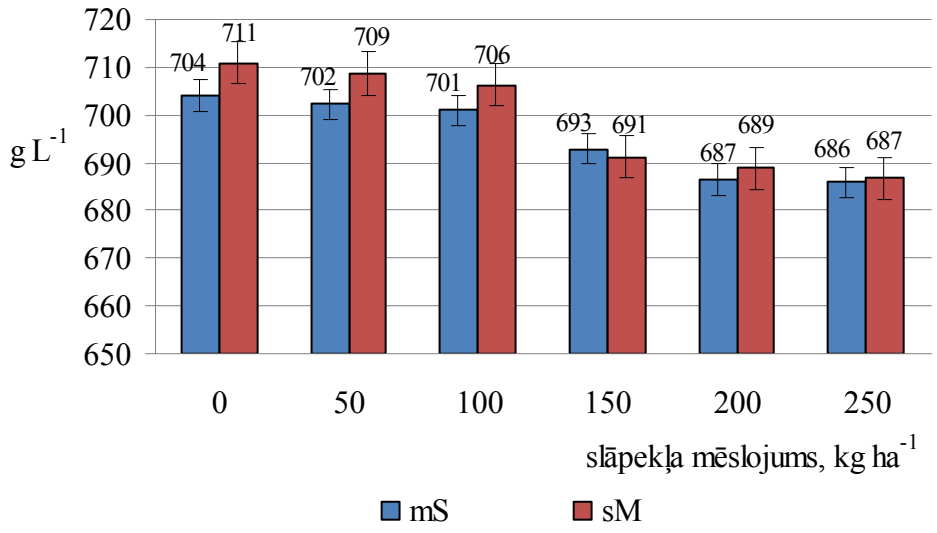
Mālsmilts augsnē graudi ar lielāku tilpummasu (vidēji 706 g $L^{-1}$ ) iegūti variantos, kuros vasaras kvieši tika audzēti pēc graudaugiem (3.24. att.), kas bija būtiski lielāka par abos pārējos priekšaugu variantos iegūto graudu tilpummasu pie kritiskās starpības priekšauga faktoram $RS_{0.05}$ = 5.3 g $L^{-1}$. Nedaudz, taču būtiski mazāka tilpummasa konstatēta variantā ar zālaugu priekšaugu – vidēji 697 g $L^{-1}$. Mālsmilts augsnē mazākā tilpummasa bija graudiem, kas iegūti variantā ar kartupeļu priekšaugu: tikai 679 g $L^{-1}$, kas bija būtiski mazāka arī par variantā pēc zālaugiem iegūto kviešu graudu tilpummasu pie kritiskās starpības priekšauga faktoram $RS_{0.05}$ = 5.3 g $L^{-1}$.

Smilšmāla augsnē vasaras kviešiem pēc zālaugiem iegūti graudi ar tilpummasu 694 g $L^{-1}$, kas nebija būtiski zemāka par variantos pēc graudaugiem un kartupeļiem audzētajiem kviešiem, kuriem graudu tilpummasa bija vidēji 700 un 703 g $L^{-1}$, $RS_{0.05}$ = = 11.0 g $L^{-1}$.

Salīdzinot slāpekļa mēslojuma ietekmi konstatēts, ka lielākā vasaras kviešu graudu tilpummasa – 704 – 701 g $L^{-1}$ mālsmilts augsnēs un 711 g $L^{-1}$ – 706 g $L^{-1}$ smilšmāla augsnē iegūta variantā bez slāpekļa mēslojuma un variantos, kur tika iestrādāti 50 un 100 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa, pie tam atšķirība nebija būtiska (P = 0.00018) pie kritiskās robežstarpības slāpekļa mēslojuma faktoram mālsmilts augsnē $RS_{0.05}$ = 3.7 g $L^{-1}$ un smilšmāla augsnē $RS_{0.05}$ = 7.8 g $L^{-1}$ (3.25. att.).. Palielinot slāpekļa

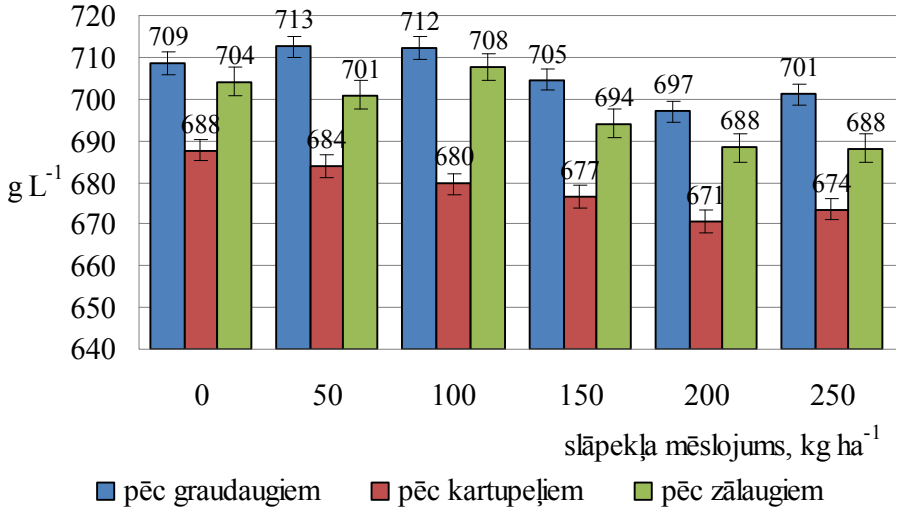
mēslojuma normu vēl vairāk, iegūtajiem vasaras kviešu graudiem tilpummasa būtiski samazinājās abās pētītajās augsnēs: līdz 686 g $L^{-1}$ mālsmilts augsnē un 687 g $L^{-1}$ smilšmāla augsnē 250 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma ietekmē.

Slāpekļa normas palielināšana virs 100 kg $ha^{-1}$ mālsmilts augsnē praktiski vienmēr būtiski samazināja graudu tilpummasu (3.26. att.) visos priekšaugu variantos pie kritiskās robežstarpības slāpekļa mēslojuma faktoram $RS_{0.05}$ = 3.7 g $L^{-1}$.



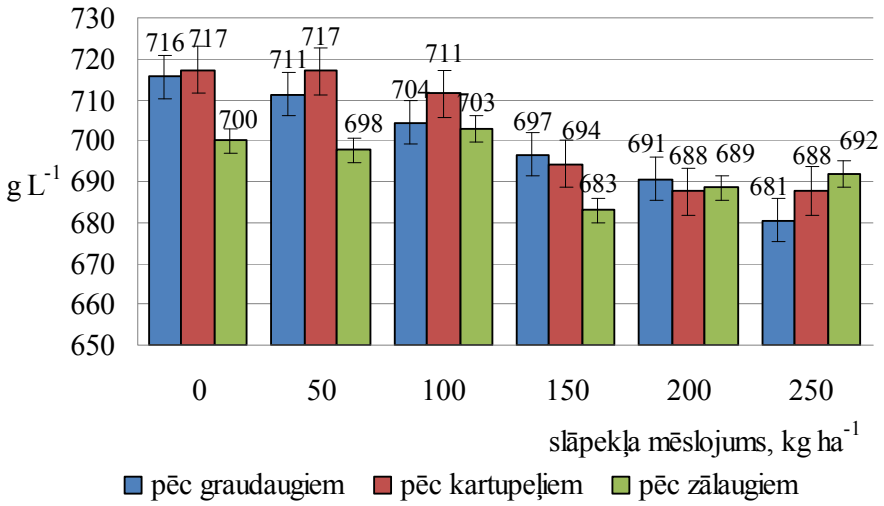

3.25. att. Graudu tilpummasa, g $L^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.).
Mālsmilts augsnē $RS_{0.05}$ = 3.7 g $L^{-1}$; smilšmāla augsnē $RS_{0.05}$ = 7.8 g $L^{-1}$

Mālsmilts augsnē kontroles variantā bez slāpekļa mēslojuma un variantos ar slāpekļa mēslojumu 50 un 100 kg $ha^{-1}$ N lielāka graudu tilpummasa 709 – 713 g $L^{-1}$ bija pēc graudaugiem, bet lietojot 200 kg $ha^{-1}$ un 250 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma normas, kviešiem veidojās graudi ar būtiski mazāku tilpummasu (697 g $L^{-1}$ un 701 g $L^{-1}$), nekā variantā bez slāpekļa mēslojuma lietošanas, ņemot vērā kritisko ražas starpību atsevišķām starpībām mēslojuma faktoram $RS_{0.05}$ = 9.1 g $L^{-1}$ (3.26. att.).




3.26. att. Graudu tilpummasa mālsmilts augsnē, g $L^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.).
Atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 9.1 g $L^{-1}$

Smilšmāla augsnē kontroles variantā bez slāpekļa mēslojuma un variantā ar slāpekļa mēslojuma normu 50 kg $ha^{-1}$ N lielāka graudu tilpummasa 717 g $L^{-1}$ bija lauciņos pēc kartupeļiem, bet lietojot 150 kg $ha^{-1}$ N un vēl lielākas slāpekļa mēslojuma normas, veidojās graudi ar būtiski (P = 0.00129) mazāku tilpummasu (694 g $L^{-1}$ un zemāku), nekā variantā bez slāpekļa mēslojuma lietošanas, ņemot vērā kritisko ražas starpību atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 19.1 g $L^{-1}$ (3.27. att.).




3.27. att. Graudu tilpummasa smilšmāla augsnē, g $L^{-1}$ (vid. 1999. – 2001. g.).
Atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 19.1 g $L^{-1}$

Audzējot vasaras kviešus pēc graudaugiem, lielas slāpekļa mēslojuma normas (200 un 250 kg $ha^{-1}$) būtiski samazināja vasaras kviešu graudu tilpummasu variantā bez slāpekļa mēslojuma: no 716 g $L^{-1}$ līdz 691 un 681 g $L^{-1}$. Variantos pēc zālaugiem smilšmāla augsnē slāpekļa mēslojums samazināja graudu tilpummasu nebūtiski pie kritiskās robežstarpības atsevišķām starpībām smilšmāla augsnē $RS_{0.05}$ = 19.1 g $L^{-1}$ (3.27. att., 18. pielikums).

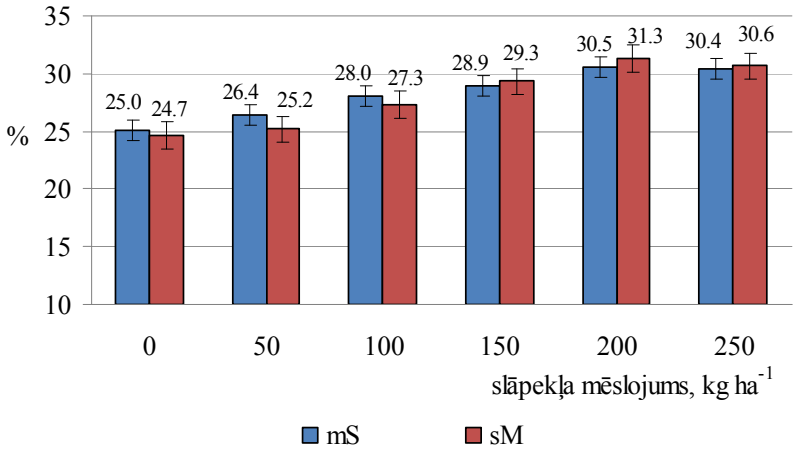
Tātad graudu tilpummasa bez slāpekļa mēslojuma un neliela 50 un 100 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma ietekmē būtiski nemainījās un bija lielākā, bet lietojot lielas slāpekļa normas (150 kg $ha^{-1}$ N un vairāk) tika iegūti vasaras kvieši ar zemāku graudu tilpummasu nekā bez slāpekļa mēslojuma izmantošanas. Priekšauga ietekme uz graudu tilpummasu bija atkarīga no vasaras kviešu audzēšanas vietas, jeb augsnes granulometriskā sastāva. Smilšmāla augsnē priekšauga ietekme praktiski nebija vērojama, bet mālsmilts augsnē priekšaugu ietekme uz graudu tilpummasu bija ļoti liela.

### 3.6.3. Lipekļa saturs

Lipekļa saturs graudos ir viens no noteicošajiem graudu kvalitātes rādītājiem. Tā daudzums nosaka graudu piemērotību noteiktiem izmantošanas mērķiem. Parasti graudi ir derīgi maizes cepšanai, ja lipekļa saturs graudos ir 24 – 28 %, bet augstāko samaksu līdz šim varēja saņemt par graudiem ar lipekļa saturu virs 28 %, kas galvenokārt tiek lietoti cepamīpašību uzlabošanai (Ruža, 2004).

Lipekļa saturs graudos izmēģinājumu variantos svārstījās vidēji no 23.0 % līdz 31.9 % (20. pielikums). Nozīmīga ietekme uz lipekļa daudzumu vasaras kviešu graudos konstatēta slāpekļa mēslojumam un tā normas palielināšanai ($P_{mS}$ = 0.00034<0.05 un $P_{sM}$ = 0.00005<0.05). Mālsmilts augsnē slāpekļa mēslojuma ietekmes īpatsvars bija

$\eta^2$ = 66.5 %, bet smilšmāla augsnē slāpekļa mēslojuma faktora ietekme uz lipekļa saturu graudos bija vēl lielāka $\eta^2$ = 84.8 % (21. pielikums). Dažādu priekšaugu ietekmē lipekļa saturs kviešu graudos bija atšķirīgs pie vienādām slāpekļa mēslojuma normām, ko raksturo priekšaugu faktora ietekmes īpatsvara lielums mālsmilts augsnē $\eta^2$ = 23.7 % un smilšmāla augsnē $\eta^2$ = 7.1 %. Gan mālsmilts, gan smilšmāla augsnē priekšaugu ietekme uz lipekļa saturu vasaras kviešu graudos bija būtiska ($P_{mS}$ = 0.00034<0.05 un $P_{sM}$ = 0.00005<0.05).




3.28. att. Lipekļa saturs graudos, % (vid. 1999. – 2001. g.).
$RS_{0.05}$ = 1.32 %

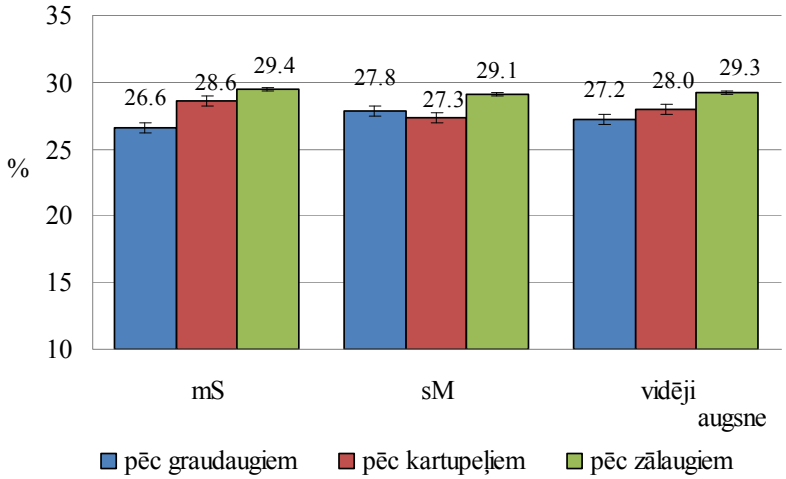
Mālsmilts augsnē (3.28. att.) 50 kg $ha^{-1}$ liels slāpekļa mēslojums būtiski (vidēji par 1.4 %), palielināja lipekļa saturu graudos salīdzinājumā ar kontroli (P = 0.0003). Būtisks lipekļa satura pieaugums tika novērots arī palielinot slāpekļa mēslojuma normu no 50 līdz 100 kg $ha^{-1}$, kad lipekļa saturs vasaras kviešu graudos pieauga vidēji no 26.4 uz 28.0 %, jeb par 1.6 % ($RS_{0.05}$ = 1.32 %). Slāpekļa mēslojuma normai pieaugot no 100 uz 150 kg $ha^{-1}$, būtisks lipekļa satura pieaugums netika novērots, bet slāpekļa mēslojuma normu palielinot no 150 uz 200 kg $ha^{-1}$, lipekļa saturs pieauga no 28.9 līdz 30.5 %, kas bija būtiski vairāk (P = 0.0003; $RS_{0.05}$ = 1.32 %). Slāpekļa mēslojums 250 kg $ha^{-1}$ vairāk nepalielināja lipekļa saturu kviešu graudos, kas audzēti mālsmilts augsnē.

Smilšmāla augsnē lipekļa satura izmaiņas galvenokārt nodrošināja slāpekļa mēslojums. Priekšaugu ietekme uz lipekļa satura izmaiņām bija ļoti neliela. Smilšmāla augsnē 50 kg $ha^{-1}$ slāpekļa mēslojuma norma lipekļa saturu vasaras kviešos, salīdzinājumā ar variantu bez slāpekļa mēslojuma, ietekmēja tikai nedaudz, palielinot šo rādītāju no 24.7 % līdz 25.2 %, kas bija nebūtiski pie kritiskās robežstarpības slāpekļa mēslojuma faktoram smilšmāla augsnē $RS_{0.05}$ = 1.36 % (3.28. att.). Lipekļa satura pieaugums par 2.1 % novērots palielinot slāpekļa mēslojumu no 50 uz 100 kg $ha^{-1}$ N. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu līdz 150 un 200 kg $ha^{-1}$ N, lipekļa saturs vidēji pieauga ik pa 2.0 %, kas bija būtiski ($RS_{0.05}$ = 1.36 %). Lielākā slāpekļa mēslojuma variantā – 250 kg $ha^{-1}$ N smilšmāla augsnē novērota nebūtiska lipekļa satura samazināšanās, salīdzinot ar variantu, kur tika lietots 200 kg $ha^{-1}$ N.

Mālsmilts augsnē dažādos slāpekļa mēslojuma fonos tika novērota būtiska priekšaugu ietekme uz lipekļa saturu. Lielākais lipekļa saturs graudos konstatēts variantā pēc zālaugiem, sasniedzot vidēji 29.4 % (3.29. att.). Kartupeļi kā priekšaugs nodrošināja nedaudz mazāku lipekļa saturu, kā rezultātā iegūti graudi ar 28.6 % lielu lipekļa saturu, kas bija būtiski mazāk par lipekļa saturu variantā pēc zālaugiem pie kritiskās robežstarpības priekšaugu faktoram mālsmilts augsnē $RS_{0.05}$ = 1.87 %.

Variantā, kur par priekšaugu tika izraudzīti graudaugi, lipekļa saturs graudos bija tikai 26.6 %, kas ir būtiski mazāk par abiem iepriekšējiem priekšaugu variantiem pie kritiskās robežstarpības priekšaugu faktoram $RS_{0.05}$ = 1.87 % (21. pielikums).

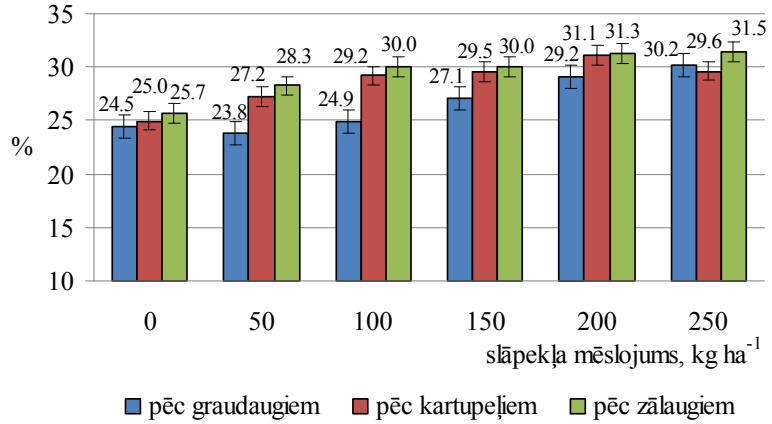
Lipekļa saturs smilšmāla augsnē audzētajos vasaras kviešu graudos, dažādu priekšaugu ietekmē svārstījās robežās no 27.3 % līdz 29.1 % un pie kritiskās robežstarpības priekšaugu faktoram $RS_{0.05}$ = 1.93 %, nebija būtiski atšķirīgs (3.29. att.).




3.29. att. Lipekļa saturs dažādās augsnēs, % (vid. 1999. – 2001. g.).
Mālsmilts augsnē $RS_{0.05}$ = 1.87 %; smilšmāla augsnē $RS_{0.05}$ = 1.93 %

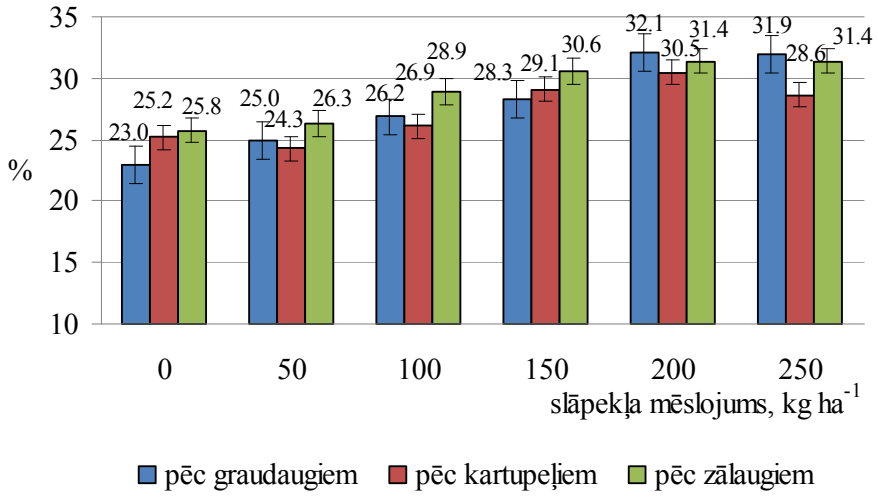
Mālsmilts augsnē (skat. 3.30. att.), variantā bez slāpekļa mēslojuma lietošanas, priekšaugi lipekļa saturu graudos ietekmēja maz, un tas svārstījās robežās no 24.5 līdz 25.7 %. Variantā, kur vasaras kvieši tika audzēti atkārtoti, neliels slāpekļa mēslojums (50 kg $ha^{-1}$) lipekļa saturu graudos nedaudz samazināja (par 0.7 %), bet vasaras kviešus audzējot pēc kartupeļiem un pēc zālaugiem, lipekļa saturs graudos 50 kg $ha^{-1}$ N liela slāpekļa mēslojuma ietekmē palielinājās attiecīgi par 2.2 un 2.6 % (3.30. att.).

Palielinot slāpekļa mēslojumu līdz 100 kg $ha^{-1}$, pēc kartupeļiem un pēc zālaugiem lipekļa saturs graudos strauji palielinājās un sasniedza 29 – 30 %. Turpmākā slāpekļa mēslojuma normas palielināšana lipekļa saturu vasaras kviešu graudos, audzējot tos mālsmiltī pēc kartupeļiem un zālaugiem, palielināja tikai nedaudz. Pēc graudaugiem audzētajos vasaras kviešos tikai salīdzinoši lielas slāpekļa mēslojuma normas – 150, 200 un 250 kg $ha^{-1}$ pakāpeniski palielināja lipekļa saturu graudos, pie 250 kg $ha^{-1}$ N, tam sasniedzot 30.2 %.




3.30. att. Lipekļa saturs graudos mālsmilts augsnē, % (vid. 1999 – 2001. g.).

Smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem un zālaugiem, nelietojot slāpekļa mēslojumu, lipekļa saturs bija augstāks, attiecīgi par 2.2 un 2.8 %, nekā pēc graudaugiem audzēto kviešu graudos, kuros vidējais lipekļa saturs svārstījās 23.0 % līmenī (3.31. att.).




3.31. att. Lipekļa saturs graudos smilšmāla augsnē, % (vid. 1999. – 2001. g.).

Neliels – 50 kg ha$^{-1}$ slāpekļa mēslojums lipekļa saturu vasaras kviešu graudos, kas iegūti smilšmāla augsnē pēc zālaugiem, trijos gados vidēji palielināja par 0.5 %, salīdzinājumā ar kontroli. Savukārt graudi, kuri iegūti vasaras kviešus audzējot ar nelielu slāpekļa normu – 50 kg ha$^{-1}$ smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem, saturēja par 0.9 % mazāk lipekļa nekā vasaras kviešu graudi, kuri audzēti bez slāpekļa mēslojuma. Iestrādājot 150 kg ha$^{-1}$ slāpekļa mēslojumu smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem un zālaugiem lipekļa saturs graudos sasniedza 29 – 30 % līmeni. Audzējot kviešus atkārtotā sējumā, lipekļa saturs graudos, līdzīgi kā mālsmilts augsnē, arī smilšmāla augsnē kontroles variantā bija vismazākais (23.0 %). Dažādu slāpekļa mēslojuma normu ietekmē tas strauji palielinājās, maksimumu – 32.1 % sasniedzot variantā, kur iestrādāti 200 kg ha$^{-1}$ slāpekļa (20. pielikums).

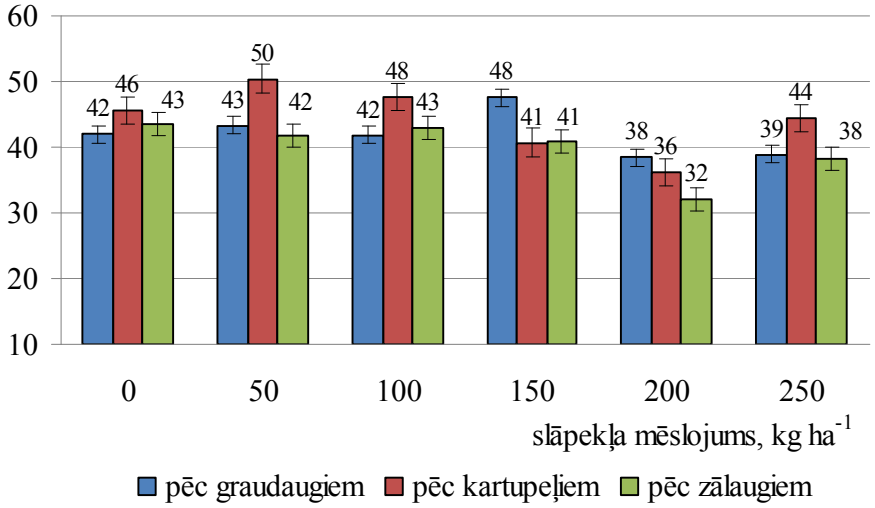
Izmēģinājumu rezultāti rāda, ka vairumā gadījumu, lai audzējot kviešus pēc zālaugiem vai kartupeļiem iegūtu graudus ar lipekļa saturu virs 28 %, vasaras kviešiem mālsmilts augsnē jādod vismaz 100 kg ha$^{-1}$ N slāpekļa mēslojums. Smilšmāla augsnē 100 kg ha$^{-1}$ N liels slāpekļa mēslojums izrādījās pietiekošs augstvērtīgāko graudu ieguvei tikai pēc zālaugiem, bet audzējot tos pēc graudaugiem vai kartupeļiem, augstvērtīgu graudu ieguvei slāpekļa mēslojuma normai jābūt vismaz 150 kg ha$^{-1}$ N. Savukārt mālsmilts augsnē atkārtotos vasaras kviešu sējumos 28 % lipekļa satura sasniegšanai jāiestrādā vismaz 200 kg ha$^{-1}$ slāpekļa.

### 3.6.4. Lipekļa kvalitāte

Lipekļa indekss ir lipekļa kvalitātes rādītājs, kuru lieto graudu izmantošanas mērķu noskaidrošanai. Maizes cepšanai optimāls lipekļa indekss ir 50 – 70 vienības. Kvieši ar augstu lipekļa indeksu (70 – 90) izmantojami augstvērtīgu maizes izstrādājumu, kā arī makaronu gatavošanai. Graudi ar lipekļa indeksu zem 50 nav piemēroti pārtikas ražošanai.

Izmēģinājumu rezultāti parādīja, ka smilšmāla augsnē audzētajiem kviešu graudiem ir augstāks lipekļa indekss nekā mālsmilts augsnē augušajiem vasaras kviešiem. Vidēji trijos gados, izmēģinājumos smilšmāla augsnē iegūti vasaras kviešu graudi ar lipekļa indeksu no 34 līdz 60 vienības, mālsmilts augsnē audzēto vasaras kviešu lipekļa indekss bija 32 – 50 vienības (3.32. att., 24. pielikums).

Mālsmilts augsnē (3.32. att.) maizes cepšanai optimāls lipeklis veidojās tikai tajos vasaras kviešu graudos, kuri iegūti audzējot tos pēc kartupeļiem variantā ar 50 kg ha$^{-1}$ N slāpekļa mēslojumu. Bez slāpekļa mēslojuma lietošanas, pēc kartupeļiem lipekļa indekss bija 46, bet 100 kg ha$^{-1}$ slāpekļa mēslojuma ietekmē tas bija 48 vienības. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu, lipekļa kvalitāte graudos pēc kartupeļiem pakāpeniski samazinājās un 200 kg ha$^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma ietekmē lipekļa indekss bija mazākais – tikai 36 vienības.



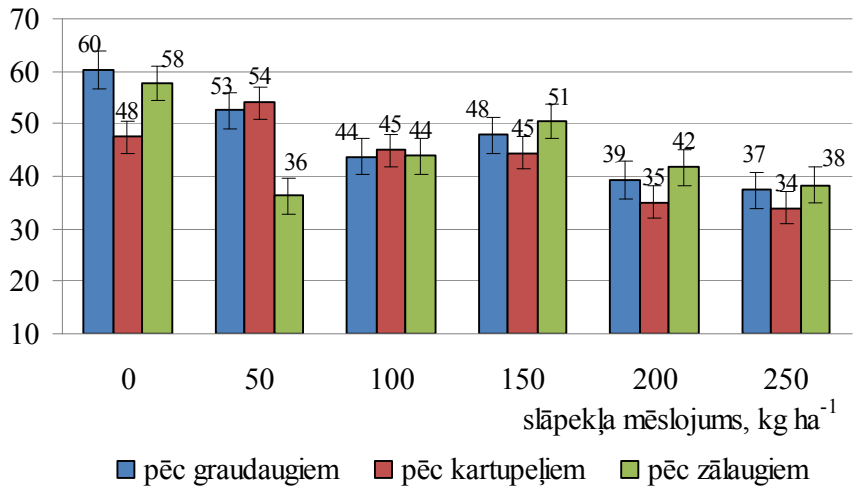

3.32. att. Lipekļa indekss mālsmilts augsnē (vid. 1999. – 2001. g.).

Variantā pēc graudaugiem mālsmilts augsnē, nelietojot slāpekļa mēslojumu, vasaras kviešu graudos vidēji trijos gados konstatēts lipeklis ar indeksu 42 vienības, kas ir nedaudz zem optimālās vērtības – 50. Lietojot vidēju – 150 kg ha$^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma normu pēc graudaugiem iegūto graudu lipekļa kvalitāte nedaudz uzlabojās, lipekļa indeksam sasniedzot 48 vienības, taču joprojām tas bija zemāk par normu. Lielu slāpekļa mēslojuma normu (200 – 250 kg ha$^{-1}$ N) lietošanas rezultātā novērota ievērojama lipekļa kvalitātes samazināšanās, lipekļa indeksam nokrītot atbilstoši līdz 38 un 39 vienības.

Vasaras kviešu graudos, kuri iegūti mālsmilts augsnē pēc zālaugiem bez slāpekļa mēslojuma, lipekļa indekss vidēji trijos gados bija 43 vienības. Neliels slāpekļa mēslojums – 50 kg ha$^{-1}$ to nedaudz samazināja – līdz 42 vienībām, tādejādi veidojās pārtikai mazāk piemēroti vasaras kviešu graudi. Variantā ar slāpekļa mēslojuma normu 100 kg ha$^{-1}$ lipekļa indekss palika praktiski nemainīgs (43). Lietojot slāpekļa mēslojumu 150 kg ha$^{-1}$ un vairāk pēc zālaugiem audzētiem vasaras kviešiem veidojās maizes cepšanai mazāk piemēroti graudi, jo lipekļa indekss (41 – 32) bija zemāks par 50 vienībām (3.32. att.).

Augstākais lipekļa indekss vasaras kviešu graudos smilšmāla augsnē variantā bez slāpekļa mēslojuma bija audzējot tos pēc graudaugiem un zālaugiem– attiecīgi 60 un 58 vienības, bet negaidīti zems, tikai 48 vienības, audzējot vasaras kviešus pēc kartupeļiem, ko grūti izskaidrot, jo pārējos slāpekļa mēslojuma variantos lipekļa indekss visiem priekšaugiem bija līdzīgs, izņemot pie slāpekļa normas 50 kg ha$^{-1}$ N variantā pēc

zālaugiem, ko arī grūti izskaidrot. Turpmākas slāpekļa mēslojuma normas palielināšanas rezultātā, lipekļa indekss strauji samazinājās (3.33. att.) visos priekšaugu variantos.




3.33. att. Lipekļa indekss smilšmāla augsnē (vid. 1999. – 2001. g.).

Smilšmāla augsnē, neskatoties uz atsevišķiem gadījumiem, vērojama tendence, ka pieaugot slāpekļa mēslojuma normai, lipekļa indekss samazinās.

Pārtikas kvalitātes prasībām atbilstošus graudus varēja iegūt tikai iestrādājot mazāko slāpekļa normu 50 kg $ha^{-1}$ N. Iestrādājot 100 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa, lipekļa indekss bija 44 – 45 vienības. Palielinot slāpekļa normu līdz 150 kg $ha^{-1}$ N, lipekļa indekss izmēģinājumu variantos pēc zālaugu un graudaugu priekšaugiem nedaudz palielinājās, sasniedzot 48 – 51 vienības (24. pielikums).

Izmēģinājumos augstāks lipekļa indekss bija smilšmāla augsnē audzētajiem graudiem, savukārt pēc kartupeļiem iegūtajos vasaras kviešu graudos mālsmilts augsnē bija augstākais lipekļa indekss – 50 vienības, un slāpekļa mēslojuma normas 0 – 150 kg $ha^{-1}$ N vairumā variantu nodrošināja lielāku lipekļa indeksu nekā lielās slāpekļa mēslojuma normas (200; 250 kg $ha^{-1}$ N).

Kopumā var teikt, ka gan augsnes granulometriskais sastāvs, gan priekšaugs, gan slāpekļa mēslojums lielā mērā ietekmēja graudu lipekļa indeksa lielumu.

Ja lipekļa indekss ir no 60 – 90, tad lipeklis ir labs vai ļoti labs un atbilst pirmai kvalitātes grupai. Ja lipekļa indekss ir robežās no 40 līdz 59, tad lipeklis ir apmierinošs vai labs un atbilst otrai kvalitātes grupai. Ja lipekļa indekss ir virs 90, tad lipeklis ir neapmierinoši stiprs un atbilst trešai kvalitātes grupai. Lipekļa indeksam esot mazākam par 40, lipeklis ir neapmierinoši vājš un atbilst trešai kvalitātes grupai.

Izmēģinājumos 2001. gadā gan mālsmilts augsnē, gan smilšmāla augsnē visos variantos lipeklis atbilda I un II kvalitātes grupai, 1999. gadā lipeklis I un II kvalitātes grupai atbilda tikai smilšmāla augsnē, bet 2000. gadā abās izmēģinājumu augsnēs gandrīz visos variantos lipeklis atbilda II kvalitātes grupai (3.6. tab.).

3.6. tabula

**Lipekļa kvalitātes grupa, vidēji 1999. – 2001. g.**

| Slāpekļa mēslojums | Mālsmilts augsne | | | Smilšmāla augsne | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1999. | 2000. | 2001. | 1999. | 2000. | 2001. |
| Priekšaugs – graudaugi | | | | | | |
| N 0 | III | III | I | I | III | I |
| N 50 | II | III | I | II | III | I |
| N 100 | II | III | I | II | III | II |
| N 150 | II | III | I | I | III | II |
| N 200 | II | III | II | II | II | II |
| N 250 | III | III | II | II | III | II |
| N Diag | III | III | I | I | III | II |
| Priekšaugs – kartupeļi | | | | | | |
| N 0 | II | III | I | - | III | II |
| N 50 | II | III | I | - | III | I |
| N 100 | III | III | I | - | III | II |
| N 150 | III | III | II | - | II | II |
| N 200 | III | III | II | - | III | II |
| N 250 | II | III | II | - | III | II |
| N Diag | III | III | I | - | III | I |
| Priekšaugs – zālaugi | | | | | | |
| N 0 | III | III | I | I | III | I |
| N 50 | III | III | I | II | III | II |
| N 100 | II | III | II | II | III | II |
| N 150 | II | III | II | I | III | II |
| N 200 | III | III | II | II | III | II |
| N 250 | III | III | II | II | III | II |
| N Diag | III | III | I | II | III | II |

Tātad nevar viennozīmīgi noteikt slāpekļa mēslojuma pozitīvo vai negatīvo ietekmi uz lipekļa kvalitātes grupu.

### 3.6.5. Lipekļa hidratācijas spēja

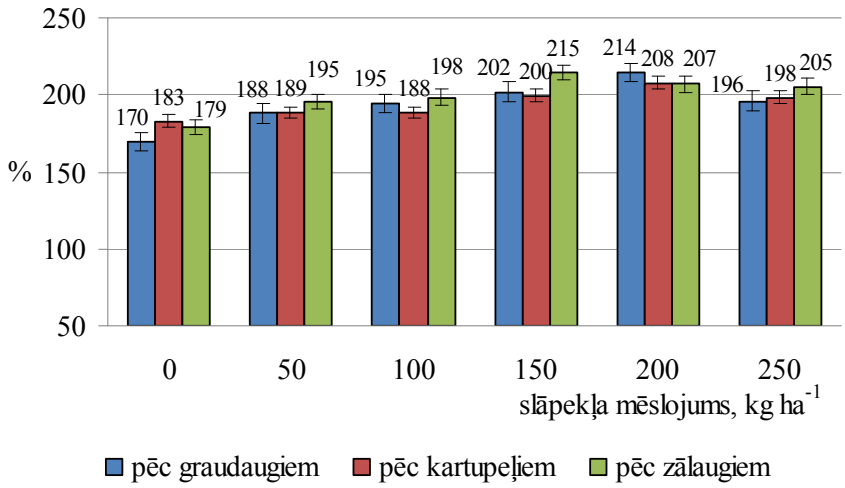
Lipekļa hidratācijas spēja ir ūdens daudzums, ko spēj uzņemt sausais lipeklis. Tā var būt robežās no 170 līdz 250 %. Lipekļa hidratācijas spēja ir atkarīga no tajā ietilpstošo olbaltumvielu struktūras stāvokļa. Jo labāk ir izveidojusies olbaltumvielu struktūra, jo vairāk tas spēj piesaistīt ūdeni. Olbaltumvielu struktūras izveidošanos lielā mērā ietekmē kviešu augšanas un attīstības apstākļi.

Mālsmilts augsnē lipekļa hidratācijas spēja galvenokārt bija atkarīga no slāpekļa mēslojuma. Slāpekļa mēslojuma faktora īpatsvars sastādīja lielāko daļu – $\eta^2$ = 83.9 % un tam bija arī būtiska ietekme uz lipekļa hidratācijas spējas lielumu ($P_{mS}$ = 0.00017<0.05). Priekšauga ietekme uz lipekļa hidratācijas spēju mālsmilts augsnē izrādījās nebūtiska ($P_{mS}$ = 0.1211>0.05), pie kam faktora ietekmes īpatsvars sastādīja tikai $\eta^2$ = 5.5 % (23. pielikums). Savukārt, līdzīgos pētījumos ar vasaras kviešiem Latvijā mēslojuma ietekme uz lipekļa hidratācijas spēju izrādījās nebūtiska (Līvmanis, Vucāns, Līpenīte 2003).

Smilšmāla augsnē gan slāpekļa mēslojums, gan vasaras kviešu priekšaugs būtiski ietekmēja lipekļa hidratācijas spēju ($P_{mēslojumam}$ = 0.0048<0.05, $P_{priekšaugam}$ = 0.001<0.05). Faktoru ietekmes īpatsvars smilšmāla augsnē izrādījās diezgan līdzīgi: slāpekļa mēslojums lipekļa hidratācijas spēju ietekmēja par $\eta^2$ = 47.8 % un priekšaugs – par $\eta^2$ = 38.5 % (22. pielikums).

Mālsmilts augsnē iegūto vasaras kviešu graudu lipekļa hidratācijas spēja (3.34. att.) dažādu priekšaugu un slāpekļa mēslojuma ietekmē svārstījās no 170 līdz 215 %.

Smilšmāla augsnē lipekļa hidratācijas spējas pieaugums priekšaugu un slāpekļa mēslojuma ietekmē bija lielāks nekā mālsmilts augsnē un svārstījās robežās no 168 % līdz 223 % (3.35. att.).




3.34. att. Lipekļa hidratācijas spēja mālsmilts augsnē, % (vid. 1999 – 2001. g.). $RS_{0.05}$ = 6.5 %

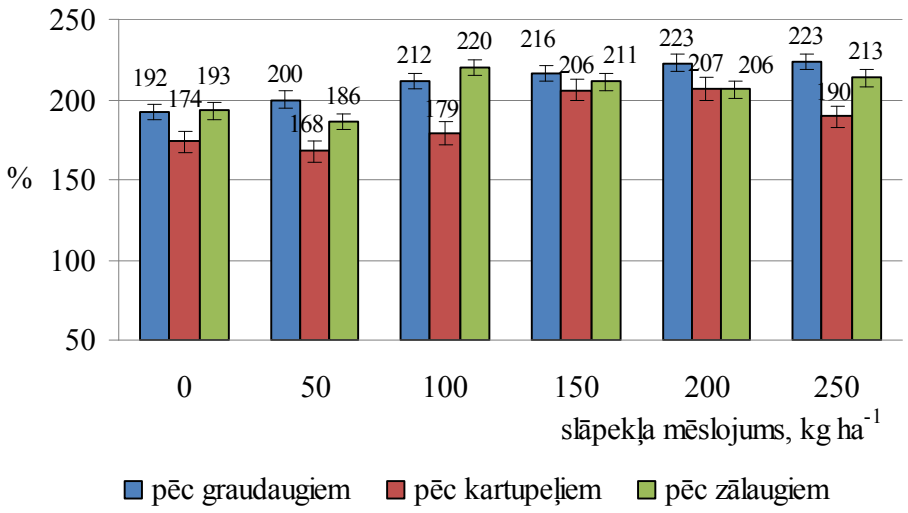
Mālsmilts augsnē tikai atsevišķos slāpekļa mēslojuma variantos novērots lipekļa hidratācijas spējas palielinājums, ņemot vērā vidējos rādītājus, kas iegūti apvienojot priekšaugu variantus. Tā, salīdzinot ar kontroles variantu, lipekļa hidratācijas spēja būtiski – par 14 % jeb no 177 līdz 191 % pieauga variantā ar 50 kg $ha^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojumu, ņemot vērā kritisko robežstarpību $RS_{0.05}$ = 6.5 %. Nākošais būtiskais lipekļa hidratācijas spējas pieaugums novērots, kad slāpekļa mēslojums palielināts no 100 līdz 150 kg $ha^{-1}$ N, lipekļa hidratācijas spējai pieaugot no 194 % variantā ar 100 kg $ha^{-1}$ slāpekļa mēslojumu līdz 205 % variantā ar 150 kg $ha^{-1}$ slāpekļa ($RS_{0.05}$ = 6.5 %). Lietojot 250 kg $ha^{-1}$ lielu slāpekļa mēslojumu, novērots būtisks lipekļa hidratācijas spējas samazinājums, salīdzinot ar 200 kg $ha^{-1}$ N variantu.

Vērtējot priekšaugu ietekmi mālsmilts augsnē redzams, ka variantā bez slāpekļa mēslojuma lielākā lipekļa hidratācijas spēja bija pēc kartupeļiem audzēto vasaras kviešu graudiem – 183 %. Graudi ar nedaudz zemāku lipekļa hidratācijas spēju – 179 % iegūti no vasaras kviešiem audzējot tos pēc zālaugiem. Vasaras kviešus audzējot pēc graudaugiem bez slāpekļa mēslojuma, iegūto graudu lipekļa spēja piesaistīt ūdens molekulas bija tikai 170 %.

Slāpekļa mēslojuma ietekmē lipekļa hidratācijas spēja mālsmilts augsnē audzētajiem kviešiem uzlabojās. Vairāk par 18 % hidratācijas spēja palielinājās neliela – 50 kg $ha^{-1}$ slāpekļa mēslojuma ietekmē audzējot kviešus pēc graudaugiem. Arī pēc zālaugiem audzēto kviešu graudos neliela slāpekļa mēslojuma ietekmē bija salīdzinoši liels lipekļa hidratācijas spējas palielinājums no 179 % uz 195 %, jeb par 16 %.

Variantā, kur priekšaugs bija zālaugi, vasaras kviešu lipekļa hidratācijas spēja savu lielāko vērtību – 215 % sasniedza pie 150 kg ha$^{-1}$ liela slāpekļa mēslojuma, bet, lietojot lielākas slāpekļa mēslojuma normas: 200 un 250 kg ha$^{-1}$ N, bija vērojama lipekļa hidratācijas spējas samazināšanās. Arī audzējot vasaras kviešus pēc graudaugiem vai kartupeļiem, lipekļa hidratācijas spēja uzlabojās palielinot slāpekļa mēslojuma normu. Lietojot 200 kg ha$^{-1}$ slāpekļa, lipekļa hidratācija bija lielākā variantā pēc graudaugiem, sasniedzot 214 % un variantā pēc kartupeļiem – 208 %. Lielākās slāpekļa mēslojuma normas – 250 kg ha$^{-1}$ N ietekmē arī pēc graudaugiem un kartupeļiem audzēto vasaras kviešu graudu lipekļa hidratācijas spēja samazinājās.

Slāpekļa mēslojuma ietekmē smilšmāla augsnē būtisks lipekļa hidratācijas spējas pieaugums, salīdzinājumā ar variantu bez slāpekļa mēslojuma lietošanas, ņemot vērā vidējo rādītāju starp dažādiem priekšaugiem, konstatēts variantā ar 100 kg ha$^{-1}$ lielu slāpekļa mēslojumu, sasniedzot 203 %. Šajā variantā lipekļa hidratācijas spēja pieauga par 19 % (variantā ar 50 kg ha$^{-1}$ slāpekļa mēslojumu), kas bija būtiski pie kritiskās robežstarpības $RS_{0.05}$ = 10.5 %.




3.35. att. Lipekļa hidratācijas spēja smilšmāla augsnē, % (vid. 1999. – 2001. g.).
$RS_{0.05}$ = 10.5 % mēslojumam; $RS_{0.05}$ = 14.9 % priekšaugiem

Smilšmāla augsnē graudi ar lielāko lipekļa hidratācijas spēju iegūti variantā, kur tie audzēti pēc graudaugiem – vidēji 211 %, kas bija būtiski lielāka par pēc kartupeļiem augušo vasaras kviešu graudu vidējo lipekļa hidratācijas spēju – 187 % pie kritiskās robežstarpības $RS_{0.05}$ = 14.9 %. Arī variantā pēc zālaugiem graudiem bija augsta lipekļa hidratācijas spēja – vidēji 205 %, kas bija būtiski augstāka par pēc kartupeļiem augušo vasaras kviešu graudu vidējo lipekļa hidratācijas spēju – 187 % un praktiski neatšķīrās no varianta pēc graudaugiem, pie $RS_{0.05}$ = 14.9 % (23. pielikums).

Analizējot priekšaugu ietekmi smilšmāla augsnē (3.35. att.) redzams, ka nelietojot slāpekļa mēslojumu, vasaras kviešu graudos pēc zālaugiem un pēc graudaugiem lipekļa hidratācijas spēja bija praktiski līdzīga, attiecīgi 193 un 192 %, bet lauciņos pēc kartupeļiem tā sasniedza tikai 174 %. Pēc kartupeļiem un pēc zālaugiem audzēto vasaras kviešu graudos novērota lipekļa hidratācijas spējas samazināšanās atbilstoši no 174 % un 193 % variantā bez slāpekļa mēslojuma uz 168 % un 186 % 50 kg ha$^{-1}$ liela slāpekļa mēslojuma ietekmē. Pēc zālaugiem 100 kg ha$^{-1}$ liels slāpekļa mēslojums bija pietiekošs, lai iegūtu graudus ar lielāko lipekļa hidratācijas spēju – 220 %. Lielāks slāpekļa mēslojums nepalielināja lipekļa hidratācijas spēju. Pēc kartupeļiem audzētajiem vasaras kviešiem lipekļa hidratācijas spēja palielinājās

pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē un pie 150 un 200 kg $ha^{-1}$ N tā sasniedza attiecīgi 206 % un 207 %. Slāpekļa mēslojums 250 kg $ha^{-1}$ N lipekļa hidratāciju samazināja līdz 190 %. Vasaras kviešos pēc graudaugiem lipekļa hidratācijas spēja pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē pakāpeniski palielinājās un, dodot 200 kg $ha^{-1}$ N, ,sasniedza 223 %.

Kopumā var teikt, ka augsnes granulometriskajam sastāvam bija liela nozīme lipekļa olbaltumvielu struktūras veidošanā. No augsnes granulometriskā sastāva bija atkarīga slāpekļa mēslojuma un priekšauga ietekme uz lipekļa hidratācijas spēju.

Mālsmilts augsnē lipekļa hidratācijas spēja savu maksimumu (208 – 215 %) sasniedza 150 un 200 kg $ha^{-1}$ liela slāpekļa mēslojuma ietekmē pēc visiem priekšaugiem, bet smilšmāla augsnē graudaugu un zālaugu ietekmē līdzīga lipekļa hidratācijas spēja bija jau variantā ar slāpekļa mēslojumu 100 kg $ha^{-1}$ N. Ievērojami zemāka lipekļa hidratācijas spēja bija smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem – kontroles variantā tikai 174 %, bet maksimālo vērtību (206 – 207 %) tā sasniedza iestrādājot 150 – 200 kg $ha^{-1}$ slāpekļa.

### 3.6.6. Krišanas skaitlis

Cietes skaldīšanās procesa intensitāti jeb alfa – amilāzes darbību izsaka ar krišanas skaitli. Krišanas skaitli nosaka ar speciālu mēraparātu, fiksējot virzulīša grimšanas ātrumu sekundēs karstā ūdenī uzbriedinātā klīsterī. Jo lielākas un stabilākas cietes molekulas, jo blīvāks ir izveidotais klīsteris un lēnāk grimst virzulītis – augstāks krišanas skaitlis (Якубцнер, Козьмина, Любарский 1970). Kviešu maizes cepšanai par zemāko pieļaujamo uzskata krišanas skaitli ar rādītāju 180, bet par optimālo 220 – 280 s (Ruža 2004, Якубцинер, Козьмина, Любарский 1970).

Izmēģinājumu variantos krišanas skaitlis svārstījās robežās vidēji no 151 līdz 334 s. Mālsmilts augsnē audzētajiem vasaras kviešiem (3.37. att.) krišanas skaitlis vidēji bija mazāks – no 151 līdz 272 s, bet audzējot vasaras kviešus smilšmāla (3.38. att.) augsnē tas sasniedza 195 – 334 s (25. pielikums).

Slāpekļa mēslojums un tā normas palielināšana mālsmilts augsnē vasaras kviešu krišanas skaitli būtiski neietekmēja. To apstiprina datu matemātiskā apstrāde, kas parāda, ka slāpekļa mēslojuma un tā normas palielināšanai būtiski neizmainīja krišanas skaitli ($P = 0.442>0.05$) (26. pielikums). Līdzīgi rezultāti iegūti arī J. Līvmaņa izmēģinājumos, kuros krišanas skaitlis gandrīz neatšķīrās ($F_{fakt.} = 0.887$; $P = 0.555$) mēslojuma ietekmē, bet lielākā ietekme konstatēta meteoroloģisko apstākļu faktoram (Līvmanis, Vucāns, Līpenīte 2003). Arī citi zinātnieki ir konstatējuši, ka krišanas skaitlis vairāk atkarīgs no agrometeoroloģiskiem apstākļiem un nevis no slāpekļa mēslojuma (Kettlwell, 1999; Maļecka u.c., 2005).

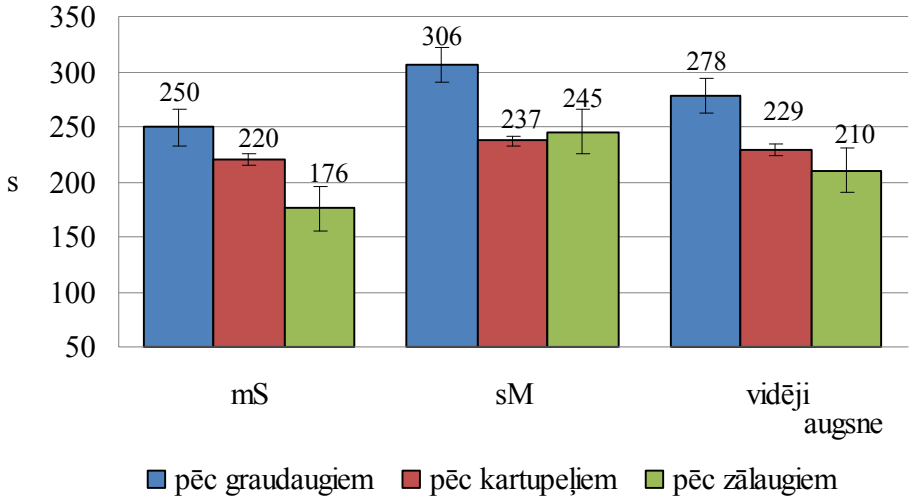
Mālsmilts augsnē krišanas skaitļa vērtība bija atkarīga galvenokārt no vasaras kviešu priekšauga, kas būtiski ($P = 0.000047<0.05$) izmainīja krišanas skaitli vasaras kviešu graudos. Priekšauga faktora ietekmes īpatsvars bija liels un sastādīja $\eta^2 = 80.6$ %. Slāpekļa mēslojuma ietekmes īpatsvars sastādīja tikai $\eta^2 = 6.7$ % un tas krišanas skaitli ietekmēja nebūtiski ($P = 0.442>0.05$) (26. pielikums).

Gan mālsmilts, gan smilšmāla augsnē lielāks krišanas skaitlis bija pēc graudaugiem audzētajiem vasaras kviešiem.

Mālsmilts augsnē vidēji visos slāpekļa mēslojuma variantos augstākais krišanas skaitlis – 250 s konstatēts variantā pēc graudaugiem, kas bija būtiski augstāks par krišanas skaitli pēc kartupeļiem audzēto vasaras kviešu graudos – 220 s, kas savukārt

bija būtiski augstāks par pēc zālaugiem audzēto kviešu graudos – 176 s, pie kritiskās robežstarpības priekšaugu faktoram $RS_{0.05}$ = 29.5 s (3.36. att.).

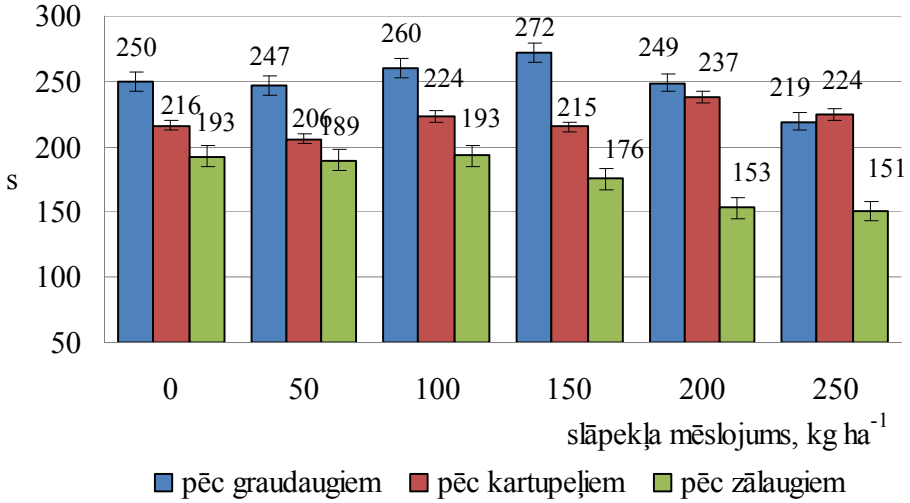
Arī smilšmāla augsnē lielākais krišanas skaitlis konstatēts vasaras kviešiem, kas tika audzēti pēc graudaugiem – vidēji visos mēslojumu variantos 306 s (3.36. att.). Būtiski zemāks krišanas skaitlis bija vasaras kviešiem, kas tika audzēti pēc zālaugiem. Šajā variantā, rēķinot vidēji slāpekļa mēslojuma variantos krišanas skaitlis bija 245 s, jeb par 61 s zemāks nekā pēc graudaugiem audzētajos kviešu graudos. Lauciņos pēc kartupeļiem krišanas skaitlis vasaras kviešiem sasniedza vidēji 237 s, kas gan būtiski neatšķīrās no zālaugu varianta, bet bija būtiski zemāks nekā pēc graudaugiem iegūtajos graudos pie kritiskās starpības starp priekšaugu variantiem $RS_{0.05}$ = 40.0 s. Priekšaugu ietekme uz vasaras kviešu krišanas skaitli smilšmāla augsnē bija būtiska ($P = 0.00053 < 0.05$), pie kam liels bija arī priekšaugu ietekmes īpatsvars $\eta^2$ = 69.3 %.




3.36. att. Krišanas skaitlis dažādās augsnēs, s (vid. 1999. – 2001. g.).
$RS_{0.05}$ = 40.0 s priekšaugiem

Analizējot priekšaugu un slāpekļa mēslojuma mijiedarbības ietekmi var teikt, ka mālsmilts augsnē pēc graudaugiem (3.37. att.) variantā bez slāpekļa mēslojuma krišanas skaitlis bija 250 s. Pakāpeniski palielinot slāpekļa mēslojuma normu līdz 150 kg $ha^{-1}$, krišanas skaitlis sasniedza 272 s. Turpinot palielināt slāpekļa mēslojuma normu, graudu krišanas skaitlis strauji samazinājās. Variantā, kur vasaras kvieši tika audzēti pēc kartupeļiem, krišanas skaitļa vērtības bija mazākas nekā pēc graudaugiem un mainījās 206 – 237 s robežās.

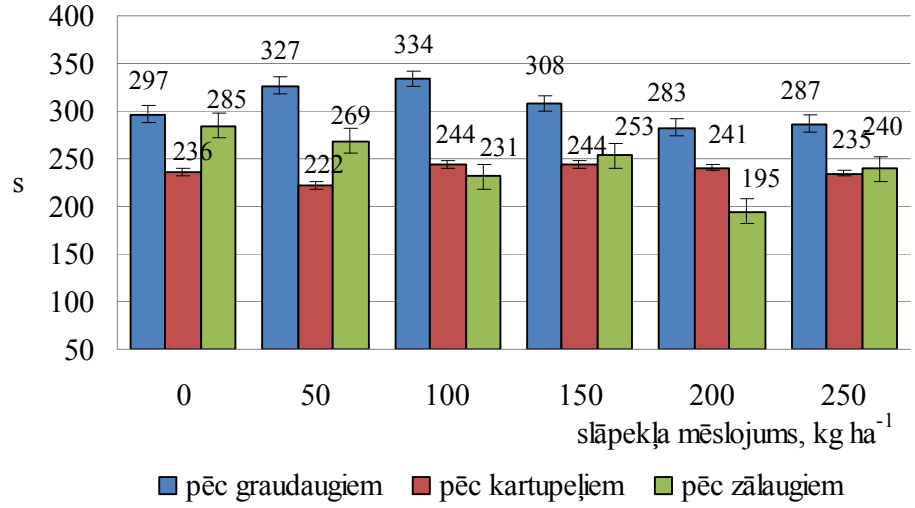
Pēc zālaugiem mālsmilts augsnē audzētajiem kviešu graudiem bija zemākais krišanas skaitlis, vidēji 176 s, kas bija būtiski mazāk par variantos pēc graudaugiem (vidēji 250 s) un kartupeļiem (vidēji 220 s) pie kritiskās starpības $RS_{0.05}$ = 29.5 s. Zemais krišanas skaitlis pēc zālaugiem ir izskaidrojams ar lielāko veldri šajā variantā, kas vidēji bija divas līdz četras reizes lielāka nekā pēc kartupeļiem un graudaugiem. Atšķirība starp kartupeļu un graudaugu priekšaugu variantiem arī bija būtiska.




3.37. att. Krišanas skaitlis mālsmilts augsnē, s (vid. 1999. – 2001. g.).
$RS_{0.05}$ = 20.9 s mēslojumam; $RS_{0.05}$ = 29.5 s priekšaugiem.

Arī smilšmāla augsnē slāpekļa mēslojumam nebija būtiska ietekme uz vasaras kviešu krišanas skaitli (P = 0.40969>0.05). Līdz ar to arī slāpekļa mēslojuma faktora ietekmes īpatsvars bija salīdzinoši neliels $\eta^2$ = 11.0 %.

Variantā pēc graudaugiem bez slāpekļa mēslojuma vasaras kviešu graudiem krišanas skaitlis bija 297 s. Lietojot 50 kg $ha^{-1}$ lielu slāpekļa mēslojumu, krišanas skaitļa vērtība palielinājās līdz 327 s, bet mēslojuma norma 100 kg $ha^{-1}$ N palielināja krišanas skaitli līdz 334 s, kas bija vidēji lielākais visā izmēģinājumā. Turpinot slāpekļa mēslojuma nomas palielināšanu, krišanas skaitļa vērtība krasi samazinājās.




3.38. att. Krišanas skaitlis smilšmāla augsnē, s (vid. 1999. – 2001. g.).
$RS_{0.05}$ = 28.3 s mēslojumam; $RS_{0.05}$ = 40.0 s priekšaugiem

Variantā, kad vasaras kvieši tika audzēti pēc zālaugiem, nelietojot slāpekļa mēslojumu, krišanas skaitlis vasaras kviešiem bija 285 s. Slāpekļa mēslojuma normas palielināšana pakāpeniski samazināja krišanas skaitļa vērtību, un smilšmāla augsnē pēc zālaugiem pie 200 kg $ha^{-1}$ liela slāpekļa mēslojuma tas sasniedza – 195 s (3.38. att.). Sējumu saveldrēšanās pie pārmērīgi liela slāpekļa nodrošinājuma, kas variantā pēc zālaugiem bija augstākais, varētu būt viens no iemesliem paaugstinātai alfa – amilāzes darbībai kviešu graudu endospermā, kuras rezultātā samazinās krišanas skaitlis.

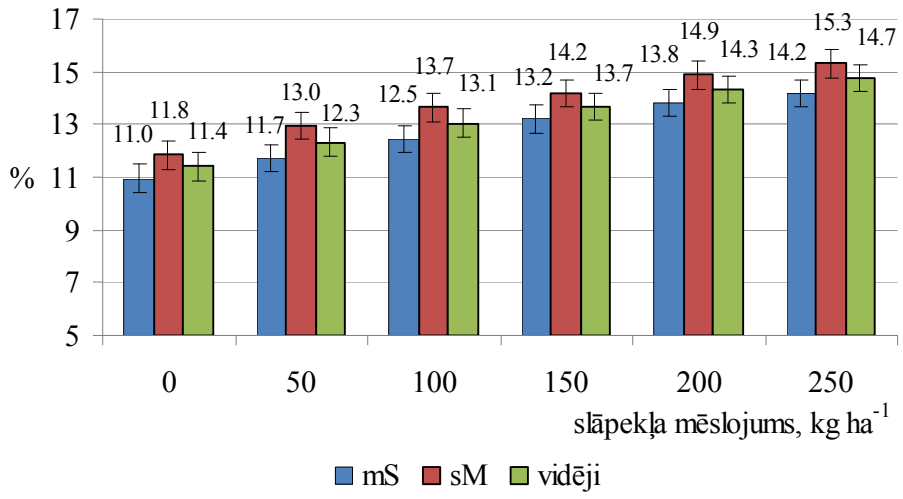
Kopumā vērtējot krišanas skaitļa izmaiņas vasaras kviešu izmēģinājumos, var teikt, ka smilšmāla augsnē audzētajos kviešu graudos tas vidēji bija augstāks nekā mālsmiltī audzētajos. Krišanas skaitļa vērtību galvenokārt noteica vasaras kviešu priekšaugs. Pēc graudaugiem audzētajos kviešos krišanas skaitlis bija augstāks salīdzinājumā ar variantiem, kur priekšaugi bija kartupeļi vai zālaugi. Abās pētītajās augsnēs slāpekļa mēslojums būtiski neietekmēja krišanas skaitļa vērtību. Slāpekļa mēslojuma normas palielināšana pēc graudaugiem un zālaugiem audzēto kviešu graudos izsauca krišanas skaitļa nelielu samazināšanos, bet pēc kartupeļiem audzēto kviešu graudos krišanas skaitlis slāpekļa mēslojuma ietekmē praktiski nemainījās. Pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē mazākās krišanas skaitļa svārstības, līdz ar to arī lielākā stabilitāte novērota variantā, kur vasaras kvieši audzēti pēc kartupeļiem.

### 3.6.7. Kopproteīna satura izmaiņas graudos

Viens no plašāk lietotajiem un universālākajiem graudu kvalitātes rādītājiem ir proteīna saturs graudos. Graudu barības vērtību nosaka olbaltumvielas un ciete. Kopproteīna saturs ietver sevī visu gan ūdenī šķīstošo, gan ūdenī nešķīstošo olbaltumvielu daudzumu graudos. Olbaltumvielu daudzums graudā galvenokārt ir atkarīgs no augu nodrošinājuma ar slāpekli, meteoroloģiskajiem laika apstākļiem graudu nogatavošanās laikā, šķirnes ģenētiskajām īpašībām. Kvalitatīvas maizes cepšanai vēlamais kopproteīna saturs ir 11.5 % un vairāk (Ruža, 1998; Ruža, 2004). Kopproteīna saturu graudos bieži vien ietekmē arī graudos esošie neorganiskie slāpekļa savienojumi, kuri nav atdalāmi nosakot kopējo slāpekļa saturu graudos. Graudu veidošanās procesā šie neorganiskie slāpekļa savienojumi dažādu apstākļu dēļ nav pārveidojušies organiskos proteīnu savienojumos.

Gan mālsmilts, gan smilšmāla augsnē slāpekļa mēslojumam bija būtiska nozīme kopproteīna satura veidošanā ($P_{mS}$ = 0.0000047<0.05 un $P_{sM}$ = 0.000022<0.05). Praktiski visos gadījumos slāpekļa mēslojums un tā normas palielināšana palielināja kopproteīna saturu vasaras kviešu graudos. Arī K. Bamberga (Bambergs, 1954) pētījumos slāpekļa papildmēslojums palielināja olbaltumvielu saturu vasaras kviešu graudos. Slāpekļa mēslojuma ietekmes īpatsvars uz kopproteīna saturu vasaras kviešos bija daudz lielāks par priekšaugu faktora ietekmi, sastādot mālsmilts augsnē $\eta^2$ = 81.9 % ietekmi, bet smilšmāla augsnē: $\eta^2$ = 78.8 % no kopējās faktoru ietekmes. Priekšauga ietekmes īpatsvars mālsmilts augsnē sastādīja tikai $\eta^2$ = 13.5 %, bet smilšmāla augsnē tas bija nedaudz lielāks – $\eta^2$ = 15.0 %. Taču priekšaugu ietekmei arī bija būtiska nozīme kopproteīna veidošanā ($P_{mS}$ = 0.0011<0.05 un $P_{sM}$ = 0.0021<0.05) (28. pielikums).

Augsnes granulometriskā sastāva lielo nozīmi kopproteīna satura veidošanā vasaras kviešu graudos apstiprina datu matemātiskā apstrāde P = 0.0000089<0.05. Smilšmāla augsnes veidotie augšanas apstākļi nodrošināja vidēji 13.8 % lielu kopproteīna saturu vasaras kviešu graudos, kas par 1.1 % bija vairāk nekā mālsmilts augsnē augušiem kviešiem un tā bija būtiska atšķirība pie kritiskās robežstarpības $RS_{0.05}$ = 0.22 %.

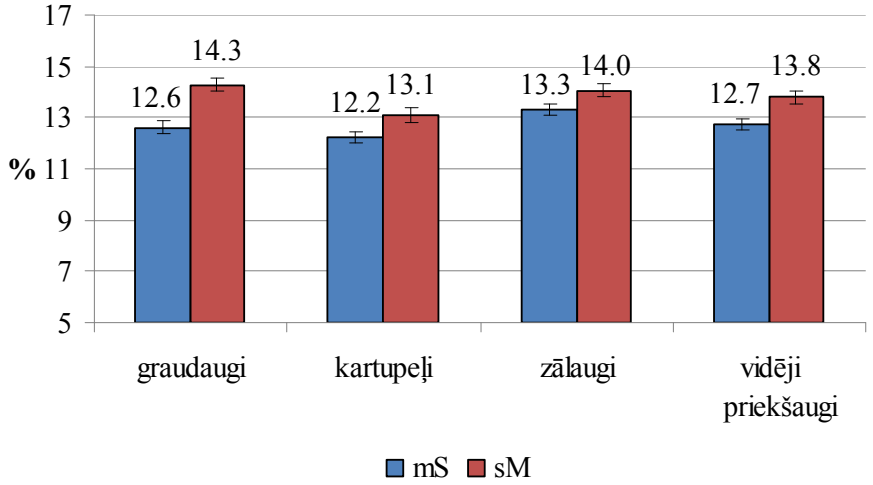



3.39. att. Kopproteīna saturs graudos mS un sM augsnēs, % (vid. 2000. – 2001. g.).
$RS_{0.05}$ = 0.47 % mS; $RS_{0.05}$ = 0.56 % sM

Mālsmilts augsnē variantā bez slāpekļa mēslojuma kopproteīna saturs vidēji bija 11.0 %, kas bija mazāk par 11.5 %. Mazākās slāpekļa mēslojuma normas – 50 kg $ha^{-1}$ N ietekmē kopproteīna saturs vasaras kviešu graudos palielinājās par 0.7 %, kas bija būtiski pie kritiskās robežstarpības slāpekļa mēslojumam $RS_{0.05}$ = 0.47 % (3.39. att.). Palielinot slāpekļa mēslojuma normu no 50 uz 100 kg $ha^{-1}$ un tālāk līdz 150 kg $ha^{-1}$ N bija vērojams būtisks kopproteīna satura pieaugums, attiecīgi par 0.8 un 0.7 %, kas bija būtiski pie kritiskās robežstarpības $RS_{0.05}$ = 0.47 %. Slāpekļa mēslojuma normu palielinot vēl vairāk, kopproteīna saturs kviešu graudos turpināja palielināties, taču šis pieaugums vairs nebija būtisks (3.39. att.).

Smilšmāla augsnē kopproteīna saturs graudos bija vidēji par 0.8 – 1.3 % augstāks nekā mālsmilts augsnē. Jau variantā bez slāpekļa mēslojuma tas vidēji bija 11.8 %. Smilšmāla augsnē neliels slāpekļa mēslojums (50 kg $ha^{-1}$ N) būtiski (par 1.2 %) palielināja kopproteīna saturu no 11.8 līdz 13.0 % pie kritiskās robežstarpības slāpekļa mēslojuma faktoram $RS_{0.05}$ = 0.56 %. Lietojot lielākas slāpekļa mēslojuma normas, kopproteīna saturs vasaras kviešu graudos pieauga būtiski (3.39. att.). Tā, palielinot slāpekļa mēslojuma normu no 50 uz 100 kg $ha^{-1}$ un no 150 uz 200 kg $ha^{-1}$ N, kopproteīna saturs kviešu graudos smilšmāla augsnē pieauga vidēji par 0.7 %, attiecīgi no 13.0 uz 13.7 % un no 14.2 uz 14.9 %, kas bija būtisks kopproteīna satura kāpums pie kritiskās robežstarpības slāpekļa mēslojumam $RS_{0.05}$ = 0.56 %. Pārējos slāpekļa mēslojuma variantos kopproteīna satura izmaiņas vasaras kviešu graudos smilšmāla augsnē bija nebūtiskas (28. pielikums).

Vērtējot priekšaugu ietekmi redzams, ka kopproteīna saturs vidēji slāpekļa mēslojuma variantos mālsmilts augsnē kartupeļu (vidēji 12.2 %) un graudaugu (vidēji 12.6 %) kā priekšauga ietekmē būtiski neatšķīrās ņemot vērā kritisko robežstarpību priekšaugiem $RS_{0.05}$ = 0.66 %. Izmēģinājumā pēc zālaugiem audzēto vasaras kviešu graudos proteīna saturs (13.3 %) bija būtiski augstāks – attiecīgi par 1.1 un 0.7 % nekā pēc kartupeļiem vai graudaugiem mālsmilts augsnē audzētiem vasaras kviešiem pie kritiskās robežstarpības priekšaugiem $RS_{0.05}$ = 0.66 % (3.40. att.).




3.40. att. Kopproteīna saturs graudos pēc dažādiem priekšaugiem, % (vid. 2000. – 2001. g.).

$RS_{0.05}$ = 0.66 % mS; $RS_{0.05}$ = 0.80 % sM

Smilšmāla augsnē augstākais kopproteīna saturs graudos iegūts audzējot tos pēc graudaugiem – 14.3 %, kas bija par 1.2 % augstāks nekā pēc kartupeļiem audzēto vasaras kviešu graudos – 13.1 % un tā bija būtiska starpība pie kritiskās robežstarpības priekšauga faktoram $RS_{0.05}$ = 0.80 %. Variantā pēc zālaugiem iegūtajiem vasaras kviešu graudiem kopproteīna saturs bija 14.0 %, kas bija būtiski lielāks kā pēc kartupeļiem audzētajiem vasaras kviešiem, bet nebūtiski zemāks kā pēc graudaugiem (pie kritiskās robežstarpības priekšauga faktoram $RS_{0.05}$ = 0.80 %) (3.40. att.).

Audzējot vasaras kviešus mālsmilts augsnē pēc kartupeļiem bez slāpekļa mēslojuma, kopproteīna saturs bija 10.6 %, bet 50 kg $ha^{-1}$ N liela slāpekļa mēslojuma ietekmē tas palielinājās tikai par 0.46 % (3.41. att.), kas bija nebūtiski pie kritiskās robežstarpības atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.14 %. Būtiska kopproteīna satura atšķirība novērota tikai starp atsevišķiem mēslojuma variantiem, 50 kg $ha^{-1}$ N un 150 kg $ha^{-1}$ N; 100 kg $ha^{-1}$ N un 150 kg $ha^{-1}$ N; 150 kg $ha^{-1}$ N un 250 kg $ha^{-1}$ N, starp kuriem kopproteīna saturs graudos atšķīrās vairāk nekā par $RS_{0.05}$ = 1.14 %.

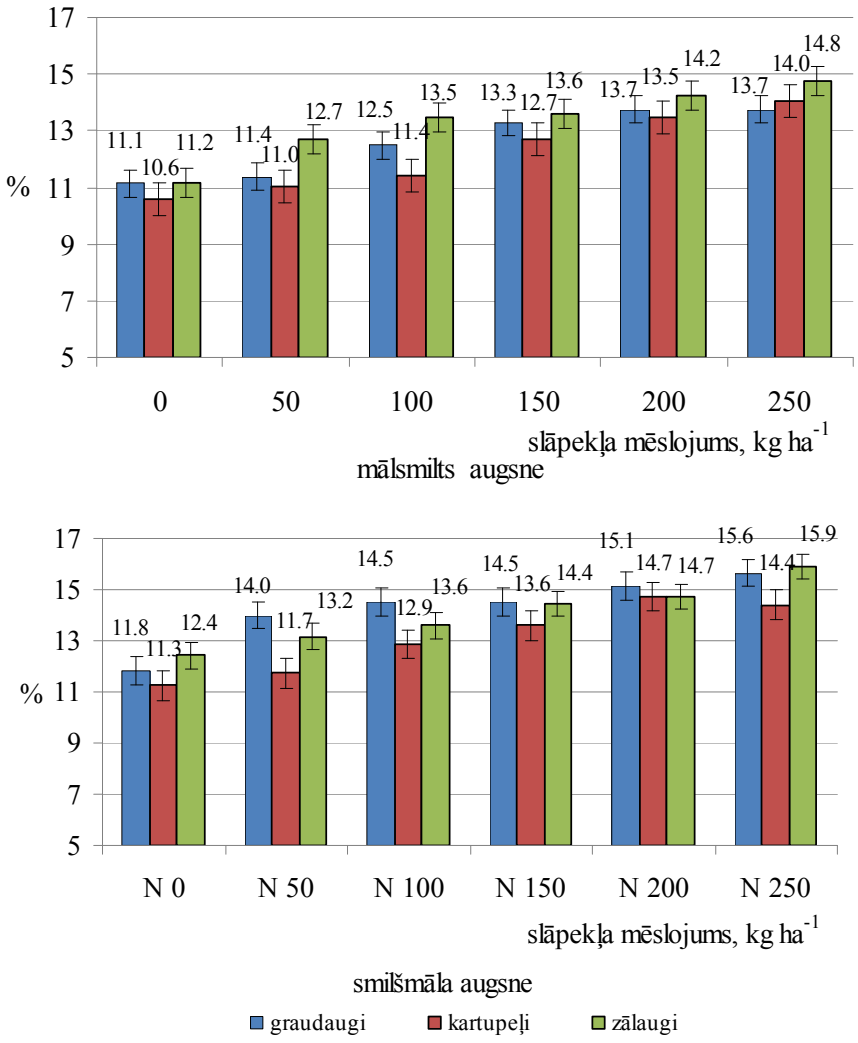
Mālsmilts augsnē pēc graudaugiem audzētajos vasaras kviešu graudos kopproteīna saturs variantā bez slāpekļa mēslojuma bija 11.1 %, bet lietojot 50 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma, tā saturs pieauga tikai par 0.3 % un tas nebija būtiski pie kritiskās robežstarpības atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.14 %. Salīdzinot ar variantu bez slāpekļa mēslojuma, būtisku kopproteīna satura palielinājumu nodrošināja tikai 100 kg $ha^{-1}$ liels slāpekļa mēslojums, kura lietošanas rezultātā iegūtajos graudos bija 12.5 % liels kopproteīna saturs un tas bija par 1.4 % vairāk, kas bija būtiski pie kritiskās robežstarpības atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.14 %. Vēl būtiski lielāks kopproteīna saturs bija tikai 200 kg $ha^{-1}$ N liela slāpekļa mēslojuma variantā (3.41. att.).

Mālsmilts augsnē pēc zālaugiem iesētajos vasaras kviešu izmēģinājumu variantos lielākais graudu kopproteīna satura pieaugums bija vērojams neliela slāpekļa mēslojuma variantā 50 kg $ha^{-1}$ N, kad tas no 11.2 % (variantā bez slāpekļa mēslojuma) pieauga līdz 12.7 %, jeb palielinājās par 1.5 %, kas bija būtiski pie kritiskās robežstarpības atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.14 % (3.41. att.). Lietojot 100 un 150 kg $ha^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojumu, kopproteīna saturs vasaras kviešu graudos bija augstāks, taču būtiski neatšķīrās no variantā ar 50 kg $ha^{-1}$ N mēslojuma normu iegūtajos graudos. Būtisku kopproteīna satura pieaugumu graudos nodrošināja 200 un 250 kg $ha^{-1}$ lielu slāpekļa mēslojuma normu lietošana, kas, salīdzinājumā ar varianta N 50 kg $ha^{-1}$

kopproteīna saturu 12.7 %, kopproteīna saturu vasaras kviešu graudos palielināja attiecīgi līdz 14.2 un 14.8 % (3.41. att.).

Smilšmāla augsnē audzēto vasaras kviešu graudos kopproteīna saturs svārstījās no 11.3 % līdz 15.9 %. Bez slāpekļa mēslojuma lietošanas, augstākais kopproteīna saturs graudos (12.4 %) novērots pēc zālaugiem audzēto vasaras kviešu graudos, bet mazākais tā saturs (11.3 %) bija konstatēts pēc kartupeļiem audzēto kviešu graudos.

Smilšmāla augsnē lauciņos pēc graudaugiem slāpekļa mēslojums 50 kg ha$^{-1}$ N nodrošināja būtisku kopproteīna satura kāpumu vasaras kviešu graudos. Tas no 11.8 % variantā bez slāpekļa mēslojuma palielinājās līdz 14.0 %, uzrādot 2.2 % kāpumu, kas ir lielāks par kritisko robežstarpību atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 1.38 %. Tas bija kopproteīna satura straujākais pieaugums visā izmēģinājumā vasaras kviešu graudos (3.41. att.).




3.41. att. Kopproteīna saturs graudos, vid. 2000. – 2001. g., %.

Tālāka slāpekļa mēslojuma normas palielināšana kopproteīna saturu vasaras kviešos smilšmāla augsnē pēc graudaugiem būtiski neietekmēja.

Smilšmāla augsnē vasaras kviešiem pēc kartupeļiem tikai 100 kg ha$^{-1}$ N liels slāpekļa mēslojums nodrošināja būtisku – 1.6 % kopproteīna satura pieaugumu, salīdzinot ar variantu bez slāpekļa mēslojuma, kurā iegūtajos graudos noteikts 11.3 % liels kopproteīna saturs.

Līdzīgi kā lauciņos pēc kartupeļiem, arī variantos pēc zālaugiem tikai 100 kg ha$^{-1}$ N slāpekļa deva būtisku kopproteīna satura kāpumu, no 12.4 % variantā bez slāpekļa mēslojuma uz 13.6 %.

Audzējot vasaras kviešus pēc zālaugiem mālsmilts augsnē, labas kvalitātes graudu iegūšanai ar kopproteīna saturu virs 11.5 %, izmēģinājumu apstākļos bija nepieciešams tikai 50 kg ha$^{-1}$ N liels slāpekļa mēslojums (3.41. att.). Vasaras kviešus audzējot pēc graudaugiem, graudus ar kopproteīna saturu virs 11.5 % ieguva pie 100 kg ha$^{-1}$ N lielas slāpekļa normas (3.41. att.). Graudu iegūšanai ar šādu kopproteīna saturu, audzējot vasaras kviešus mālsmilts augsnē pēc kartupeļiem, bija nepieciešama 150 kg ha$^{-1}$ N liela slāpekļa mēslojuma norma (skat. 3.41. att.).

Vidēji izmēģinājumā pēc graudaugiem audzēto vasaras kviešu graudos kopproteīna saturs bija augstāks nekā pēc kartupeļiem vai zālaugiem smilšmāla augsnē audzētajiem vasaras kviešiem.

Kopproteīna saturs pēc kartupeļiem audzētajos vasaras kviešu graudos gandrīz visos variantos bija zemāks nekā pēc zālaugiem vai graudaugiem audzētajos kviešu graudos.

Pieaugot slāpekļa mēslojuma normai, palielinājās arī kopproteīna saturs graudos. Pārtikas ražošanai atbilstošs proteīna saturs smilšmāla augsnē tika sasniegts jau variantā ar 50 kg ha$^{-1}$ slāpekļa mēslojumu, bet mālsmilts augsnē graudaugu un kartupeļu priekšaugu variantos bija nepieciešams 100 un 150 kg ha$^{-1}$ N slāpekļa. Maksimālais kopproteīna saturs graudos sasniegts iestrādājot 200 – 250 kg ha$^{-1}$ N slāpekļa.

Kopumā var teikt, ka kopproteīna saturu graudos vairāk ietekmēja slāpekļa mēslojums un dažādi priekšaugi. Savstarpēji salīdzinot kopproteīna satura rādītājus dažādās augsnēs konstatēts, ka augsnes granulometriskais sastāvs tos ietekmēja tikai variantos bez slāpekļa mēslojuma.

### 3.6.8. Kopproteīna saturs graudos pie aprēķinātā ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma

Nodaļā 3.5. aprēķinātās ekonomiski optimālās slāpekļa mēslojuma normas parādīja dažādus vasaras kviešu graudu ražas optimuma līmeņus atšķirīgos to audzēšanas apstākļos, tādejādi apstiprinot graudaugu audzēšanas vietas izvēles nozīmi. Nosakot vasaras kviešu optimālo slāpekļa mēslojuma normu, kā arī graudu ražas līmeni, noteikti būtu jāņem vērā arī graudu ražas kvalitāte pie optimālā slāpekļa mēslojuma. Šajā apakšnodaļā uzmanība tiks pievērsta vienam no būtiskākajiem kviešu graudu kvalitātes rādītājiem – kopproteīnam, kura saturs ietekmē graudu vērtību pie teorētiski izrēķinātās ekonomiski optimālās slāpekļa mēslojuma normas.

Lai noteiktu pārtikas graudu kvalitātes prasībām atbilstoša kopproteīna satura sasniegšanai nepieciešamo slāpekļa mēslojumu, ar lineārās regresijas vienādojumu palīdzību tika aprakstītas kopproteīna satura izmaiņas slāpekļa mēslojuma ietekmē visos izmēģinājumu augšņu un priekšaugu variantos.

Kopproteīna satura palielināšanās vasaras kviešu graudos mālsmilts augsnē pēc kartupeļiem notika pēc lineāras regresijas:

$$y_p = 0.0148x_p + 10.359, \qquad (13)$$

kur

$y_p$ – kopproteīna saturs graudos, %;

$x_p$ – slāpekļa mēslojums, kg ha$^{-1}$ N.

Tas statistiski būtiski izskaidroja kopproteīna vērtību izmaiņas, jo F – testa p – vērtība 0.000273 ir mazāka par 0.05, aprakstot 97.3 % lauka izmēģinājuma datu ($R^2 = 0.9731$) (3.42. att., 29. pielikums). Optimālais slāpekļa mēslojums, audzējot vasaras kviešus mālsmiltī pēc kartupeļiem, bija 80 kg $ha^{-1}$ N un teorētiski pie tāda un lielāka slāpekļa mēslojuma, tika iegūti graudi ar kopproteīna saturu virs 11.5 %, ko pieņemts uzskatīt par kritisko robežu kvalitatīvu A grupas pārtikas graudu iegūšanai, un par kuriem netiek aprēķināti atvilkumi par nepietiekamu kvalitāti.

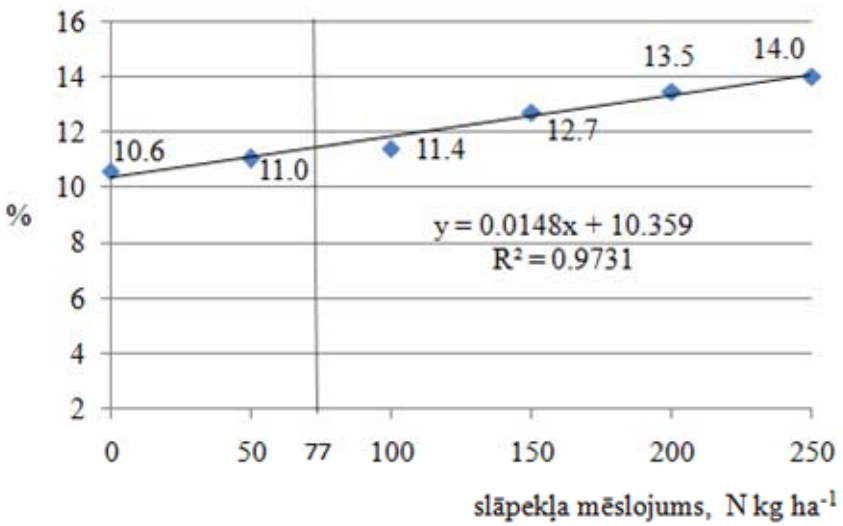
Kopproteīna satura pieaugumu vasaras kviešu graudos mālsmilts augsnē pēc zālaugiem atspoguļo lineārs vienādojums:

$$y_p = 0.013x_p + 11.701, \qquad (14)$$

kur

$y_p$ – kopproteīna saturs graudos, %;

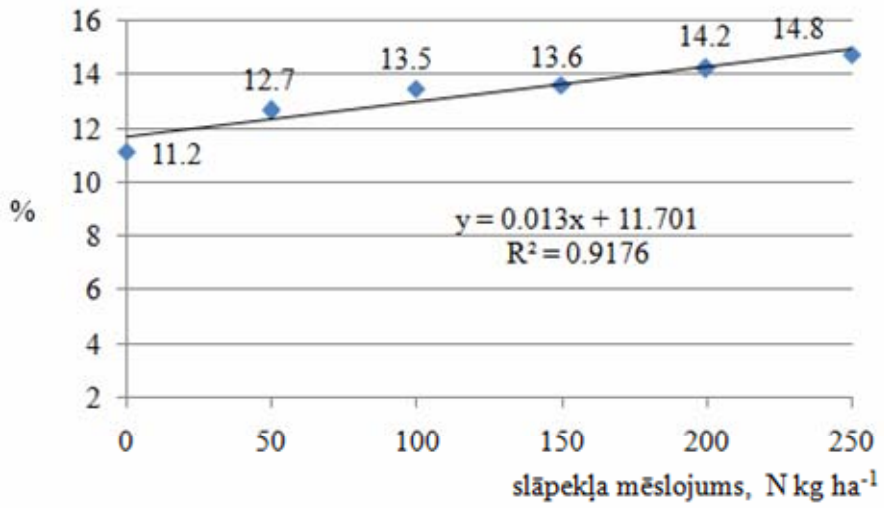
$x_p$ – slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$ N.




3.42. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos mālsmilts augsnē pēc kartupeļiem, % (vid. 2000. – 2001.g.).

Vienādojums bija statistiski būtisks, jo F – testa p – vērtība 0.002621 ir mazāka par 0.05, aprakstot 91.8 % izmēģinājumu datu ($R^2 = 0.9176$) (3.43. att., 31. pielikums).

Vasaras kviešos lietojot aprēķināto ekonomiski optimālo slāpekļa mēslojuma normu 61 kg $ha^{-1}$ N, teorētiski tika iegūta 3.12 t $ha^{-1}$ liela graudu raža. Pārtikas kvalitātes prasībām atbilstošs kopproteīna saturs graudos teorētiski būtu jau variantā bez slāpekļa mēslojuma (3.43. att.).




3.43. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos mālsmilts augsnē pēc zālaugiem, % (vid. 2000. – 2001.g.).

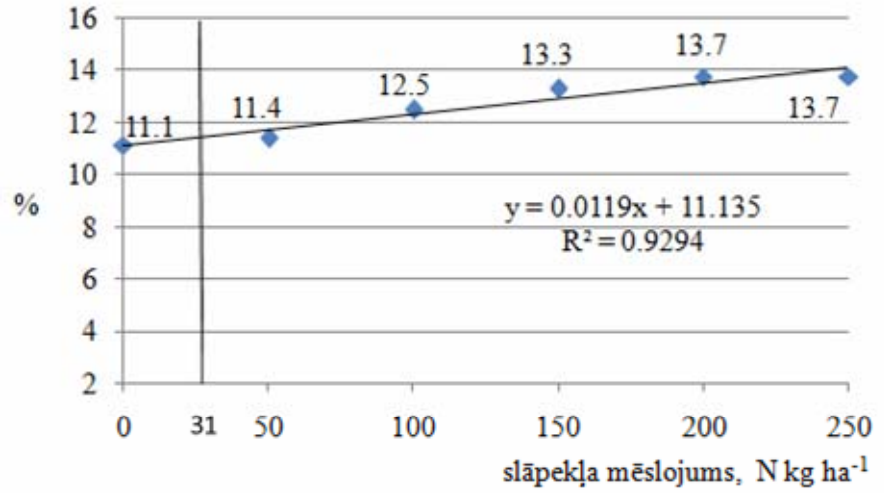
Mālsmilts augsnē pēc graudaugiem kopproteīna vērtību izmaiņas statistiski būtiski izskaidro lineārās regresijas vienādojums:

$$y_p = 0.0119x_p + 11.135, \qquad (15)$$

kur

$y_p$ – kopproteīna saturs graudos, %;
$x_p$ – slāpekļa mēslojums, kg ha$^{-1}$ N.

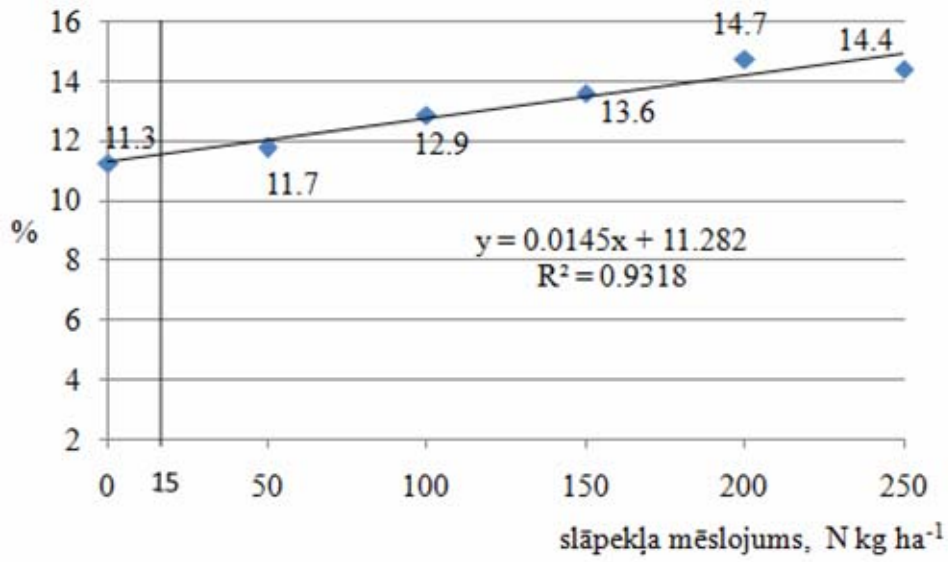
Pārbaudot vienādojuma atbilstību, F – testa p – vērtība 0.001914 bija mazāka par 0.05, aprakstot 92.9 % lauka izmēģinājuma datu ($R^2$ = 0.9294), tādejādi vienādojums ir piemērojams izmēģinājuma datu attēlošanai (3.44. att., 30. pielikums).




3.44. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos mālsmilts augsnē pēc graudaugiem, % (vid. 2000. – 2001.g.)

Izmēģinājumos ekonomiski izdevīgākais slāpekļa mēslojums mālsmilts augsnē pēc graudaugiem bija 136 kg ha$^{-1}$ N un aprēķinātā raža bija 4.02 t ha$^{-1}$ vasaras kviešu graudu. Pārtikas graudu kvalitātes prasībām atbilstošais kopproteīna saturs kviešu

graudos teorētiski jau tika sasniegts pie 31 kg $ha^{-1}$ liela slāpekļa mēslojuma un tas nozīmē, ka slāpekļa mēslojuma aprēķinātā ekonomiski optimālā norma nodrošinās vajadzīgo kopproteīna saturu (3.45. att.).




3.45. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem, % (vid. 2000. – 2001.g.).

Kopproteīna saturs vasaras kviešu graudos smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem pieauga pēc lineāras sakarības:

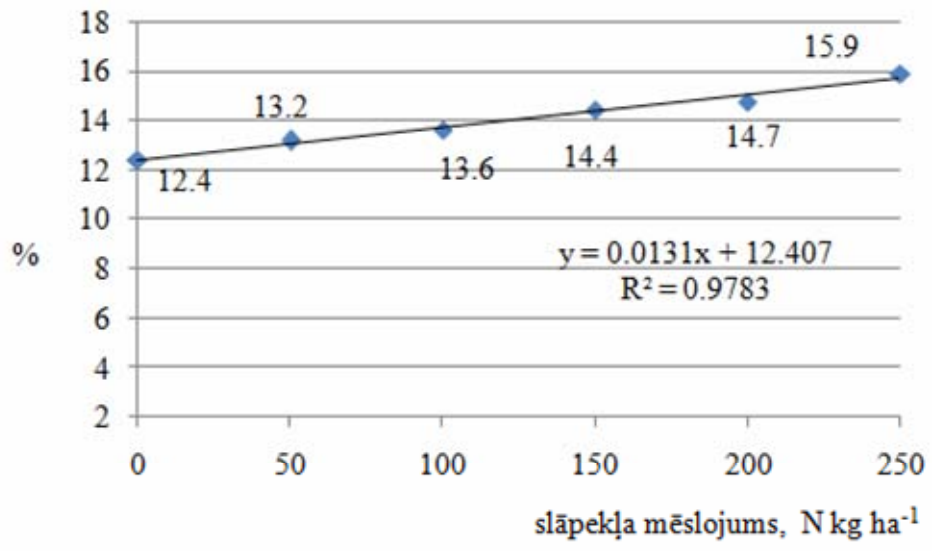
$$y_p = 0.0145x_p + 11.282 \qquad (16)$$

kur

$y_p$ – kopproteīna saturs graudos, %;
$x_p$ – slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$ N.

Vienādojums statistiski būtiski izskaidroja kopproteīna vērtību izmaiņas, jo F – testa p – vērtība 0.001787 ir mazāka par 0.05, aprakstot 93.2 % lauka izmēģinājuma datu ($R^2$ = 0.9318).

Smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem audzētiem vasaras kviešiem ekonomiski optimālās ražas – 3.77 t $ha^{-1}$ ieguvei vajadzēja lietot 104 kg $ha^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojumu. Jau pie 15 kg $ha^{-1}$ N lielas slāpekļa mēslojuma normas teorētiski tika iegūti graudi ar 11.5 % lielu kopproteīna saturu, kas liecina par kopproteīna satura augsto līmeni jau pie nelielām slāpekļa mēslojuma normām, vasaras kviešus audzējot smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem (3.45. att., 32. pielikums).




3.46. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos smilšmāla augsnē pēc zālaugiem, % (vid. 2000. – 2001.g.).

Kopproteīna saturs vasaras kviešu graudos smilšmāla augsnē pēc zālaugiem pieauga lineāri:

$$y_p = 0.0131x_p + 12.407, \qquad (17)$$

kur

$y_p$ – kopproteīna saturs graudos, %;
$x_p$ – slāpekļa mēslojums, kg ha$^{-1}$ N.

Sakarība statistiski būtiski izskaidro kopproteīna vērtību izmaiņas (3.46. att., 34. pielikums), jo F – testa p – vērtība 0.000178 ir mazāka par 0.05, aprakstot 97.8 % lauka izmēģinājuma datu (determinācijas koeficients $R^2$ = 0.9783). Balstoties uz regresijas vienādojumu, izmēģinājumu apstākļos audzētiem vasaras kviešiem tika aprēķināts, ka ekonomiski optimālās graudu ražas – 3.08 t ha$^{-1}$ ieguvei vajadzēja lietot 75 kg ha$^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojumu un kopproteīna līmenis bija atbilstošs kvalitātes prasībām, jo nelietojot slāpekļa mēslojumu, jau tika iegūti vasaras kviešu graudi ar 12.43 % kopproteīna saturu.

Smilšmāla augsnē pēc graudaugiem iegūto vasaras kviešu graudu kopproteīna satura izmaiņas apraksta lineārās regresijas vienādojums:

$$y_p = 0.0129x_p + 12.662, \qquad (18)$$

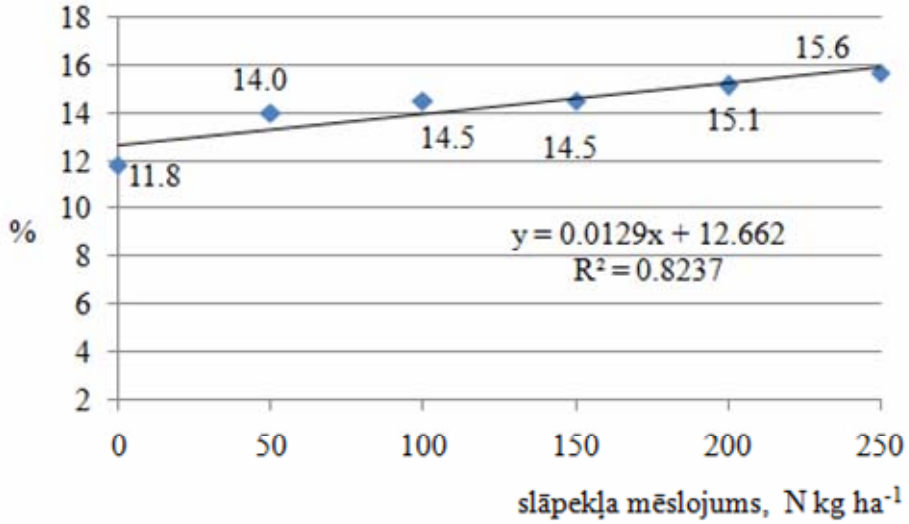
kur

$y_p$ – kopproteīna saturs graudos, %;
$x_p$ – slāpekļa mēslojums, kg ha$^{-1}$ N.

Tas statistiski būtiski izskaidro kopproteīna vērtību izmaiņas (3.47. att., 33. pielikums), jo F – testa p – vērtība 0.01242 ir mazāka par 0.05, aprakstot 82.4 % izmēģinājuma datu (determinācijas koeficients $R^2$ = 0.8237).

Smilšmāla augsnē pēc graudaugiem audzētiem vasaras kviešiem ekonomiski optimālās ražas – 3.24 t ha$^{-1}$ ieguvei teorētiski vajadzēja lietot 130 kg ha$^{-1}$ N lielu slāpekļa mēslojumu, bet kopproteīna satura kritiskā robeža 11.5 % sasniegta jau

variantā bez slāpekļa mēslojuma, kas nozīmē, ka optimālās ražas aprēķinus nebūtu jākoriģē.




3.47. att. Lineārā sakarība kopproteīna saturam graudos smilšmāla augsnē pēc graudaugiem, % (vid. 2000. – 2001.g.).

Izmēģinājumos iegūtie rezultāti liecina, ka slāpekļa mēslojums un priekšaugi būtiski ietekmē kopproteīna satura līmeni vasaras kviešu graudos. Audzējot vasaras kviešus smilšmāla augsnē pēc zālaugiem vai graudaugiem, labas kvalitātes graudu iegūšanai, ar proteīna saturu virs 11.5 %, izmēģinājumu apstākļos slāpekļa mēslojums nebija nepieciešams. Graudu iegūšanai ar šādu proteīna saturu, audzējot vasaras kviešus smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem, bija nepieciešama 50 kg $ha^{-1}$ N liela slāpekļa mēslojuma norma (3.45. att.). Audzējot vasaras kviešus mālsmilts augsnē pēc zālaugiem, graudi ar proteīna saturu virs 11.5 % tika iegūti lietojot 50 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma (3.43. att.). Lai mālsmilts augsnē iegūtu graudus ar kopproteīna saturu virs 11.5 %, pēc graudaugiem bija nepieciešams 100 un pēc kartupeļiem 150 kg $ha^{-1}$ N liels slāpekļa mēslojums.

Izvērtējot vasaras kviešu aprēķināto ekonomiski optimālo slāpekļa mēslojuma normu un graudu ražu, konstatēts, ka kopproteīna saturs nav ierobežojošais rādītājs pārtikas kviešu kvalitātei atbilstošu graudu ieguvei.

### 3.6.9. Diagnostikas varianta graudu kvalitāte

Lai gan augu diagnostikas variantā (ar difenilamīnu) tika veikta slāpekļa izlīdzinošā mēslošana, tik un tā iegūtajiem vasaras kviešu graudiem bija nelielas kvalitātes rādītāju atšķirības. Apkopojot diagnostikas variantā iegūtos vasaras kviešu graudu kvalitātes rādītājus 3.11. tabulā redzams, ka graudu tilpummasa praktiski vienmēr bija virs 700 g $L^{-1}$. Mālsmilts augsnē pēc graudaugiem audzēto vasaras kviešu graudiem tilpummasa bija lielākā – 715 g $L^{-1}$. Tikai mālsmilts augsnē pēc kartupeļiem iegūto graudu tilpummasa bija mazāka – vidēji 680 g $L^{-1}$.

Tūkstots graudu masa svārstījās no 31.4 līdz 34.1 g. Rupjākie graudi iegūti mālsmilts augsnē pēc graudaugiem. Arī kopumā nedaudz rupjāki graudi veidojās mālsmilts augsnē. Graudu rupjuma lielāks izlīdzinājums tika panākts mālsmilts augsnē,

jo šajos variantos tūkstots graudu masas atšķirības bija 0.85 g robežās, bet smilšmāla augsnē tās bija 1.15 g (3.7. tab.).

Lipekļa satura starpības izlīdzināšana diferencēta slāpekļa mēslojuma rezultātā labāk izdevās mālsmilts augsnē, kurā lipekļa saturs graudos bija robežās no 26.3 līdz 28.7 %. Lipekļa saturs smilšmāla augsnē svārstījās no 25.2 līdz 28.0 %.

3.7. tabula

**Vasaras kviešu graudu kvalitāte slāpekļa diagnostikas variantā**

| Variants | | Tilpummasa, g $L^{-1}$ | TGM, g | Lipeklis, % | Lipekļa hidrat. spēja,% | Krišanas sk., s | Proteīns, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pēc graudaugiem | mS | 715 | 34.1 | 26.3 | 179 | 261 | 12.06 |
| | sM | 703 | 33.2 | 26.2 | 205 | 306 | 12.77 |
| Pēc kartupeļiem | mS | 680 | 32.4 | 28.7 | 184 | 218 | 11.97 |
| | sM | 703 | 31.4 | 25.2 | 175 | 226 | 12.80 |
| Pēc zālaugiem | mS | 704 | 32.7 | 28.0 | 197 | 208 | 12.20 |
| | sM | 708 | 33.7 | 28.0 | 204 | 200 | 13.22 |

Līdzīgi kā lipekļa saturam arī lipekļa hidratācijas spējas starpība starp dažādu priekšaugu variantiem mazāka izrādījās mālsmilts augsnē (179 – 197 %). Diferencēta slāpekļa mēslojuma ietekmē smilšmāla augsnē dažādu priekšaugu ietekmē lipekļa hidratācijas spēja bija no 175 līdz 205 %.

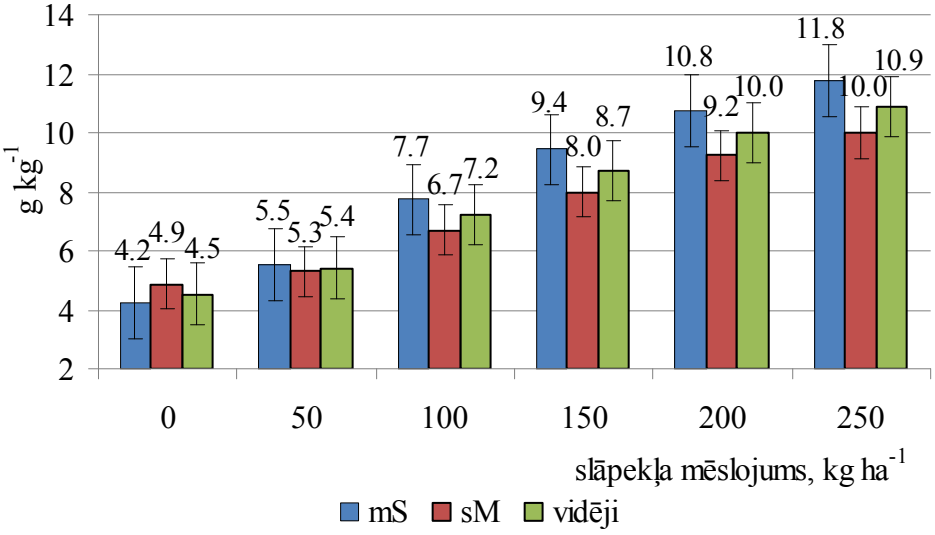
Arī krišanas skaitlim bija identiska sakarība. Vasaras kviešu krišanas skaitļa lielums graudos bija mazāk atšķirīgs mālsmilts augsnē (208 – 261 s), bet lielāka starpība starp variantiem bija smilšmāla augsnē – 200– 306 s. Tāpat kā priekšauga tā arī augsnes granulometriskā sastāva ietekmi neizdevās pilnīgi likvidēt, atkarībā no slāpekļa satura augos pirms slāpekļa mēslojuma otrās devas lietošanas.

Diferencējot slāpekļa mēslojumu pēc nitrātu satura, vasaras kviešos proteīna saturs vairāk izlīdzinājās mālsmilts augsnē un svārstījās starp dažādu priekšaugu variantiem no 11.97 līdz 12.20 %. Smilšmāla augsnē proteīna saturs dažādu priekšaugu ietekmē bija no 12.77 līdz 13.22 %. Arī dažāda granulometriskā sastāva augsnes ietekme uz proteīna saturu graudos netika pilnībā novērsta slāpekļa mēslojuma normas dažādošanas rezultātā.

## 3.7. Slāpekļa saturs salmos

Slāpekļa saturs salmos raksturo slāpekli saturošu vielu daudzumu auga atliekās. Graudiem nobriestot, ražas veidošanai nepieciešamās barības vielas tiek transportētas no visa auga organisma uz to uzkrāšanās vietām – graudiem.

Slāpekļa satura līmenis vasaras kviešu salmos lielā mērā bija atkarīgs no slāpekļa mēslojuma normas ($P_{mS}$ = 0.00000079<0.05 un $P_{sM}$ = 0.0002<0.05). Slāpekļa mēslojuma ietekmes īpatsvars, salīdzinot ar pārējiem pētītajiem ražu ietekmējošiem faktoriem, bija lielākais, un mālsmilts augsnē tas sastādīja $\eta^2$ = 85.4 % un smilšmāla augsnē – $\eta^2$ = 78.7 % no kopējās faktoru ietekmes. Priekšauga ietekmes īpatsvars bija mazāks, mālsmilts augsnē sastādot tikai $\eta^2$ = 9.1 %, un arī smilšmāla augsnē tas bija tikai nedaudz lielāks – $\eta^2$ = 11.0 %. Tomēr, kā parāda datu matemātiska apstrāde, arī priekšaugu ietekmei uz slāpekļa saturu vasaras kviešu salmos bija būtiska nozīme ($P_{mS}$ = 0.007<0.05 un $P_{sM}$ = 0.0258<0.05) (37. pielikums).




3.48. att. Slāpekļa saturs salmos slāpekļa mēslojuma ietekmē, g $kg^{-1}$ (vid. 2000. – 2001. g.).

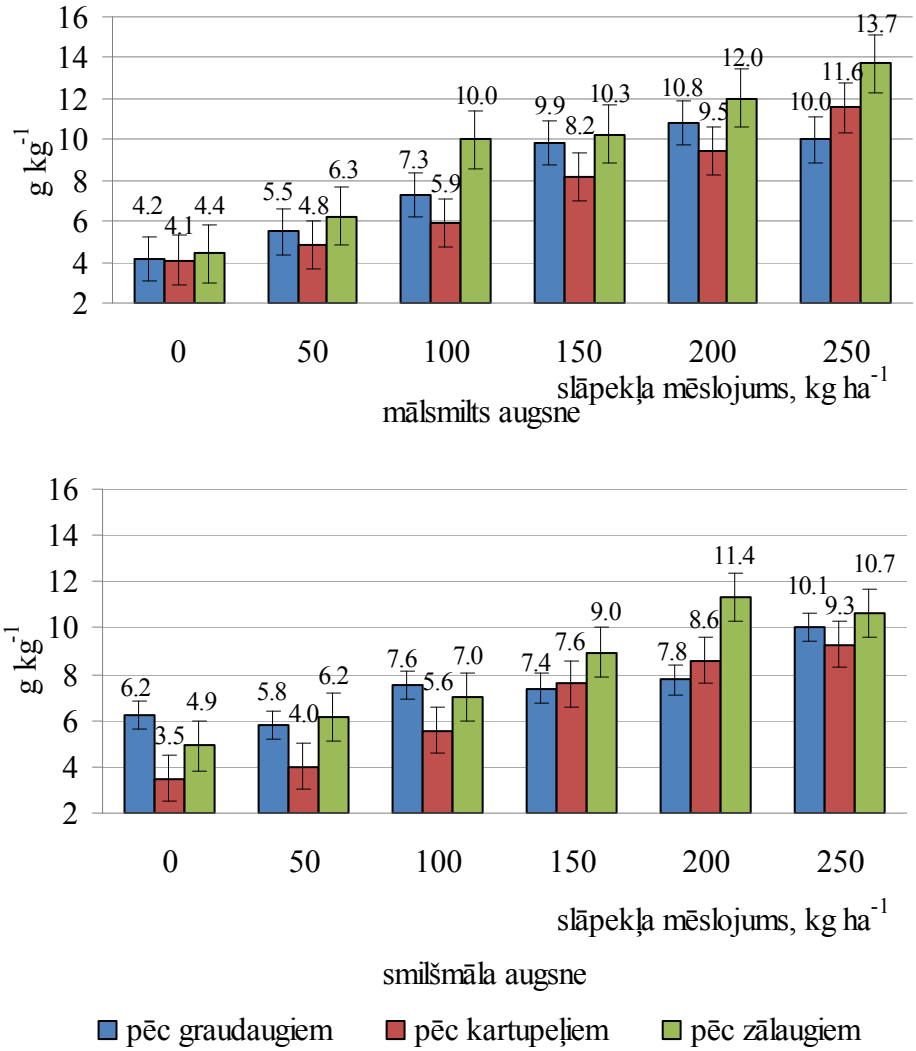
$RS_{0.05}$ = 0.166 g $kg^{-1}$ mS; $RS_{0.05}$ = 0.167 g $kg^{-1}$ sM

Vidējais slāpekļa saturs salmos izmēģinājumu kontroles variantā (bez slāpekļa mēslojuma) bija 4.5 g $kg^{-1}$, bet, lietojot maksimālo slāpekļa minerālmēslu normu, slāpekļa saturs salmos bija divkāršojies, sasniedzot 10.9 g $kg^{-1}$ (3.48. att.). Slāpekļa satura pieaugums, salīdzinot ar variantu bez slāpekļa mēslojuma, lietojot 50 kg $ha^{-1}$ N slāpekli, bija salīdzinoši neliels – tikai 0.9 g $kg^{-1}$ salmu, bet iestrādājot 100 kg $ha^{-1}$ N mēslojumu un vairāk, slāpekļa satura pieaugums salmos no katras nākošās slāpekļa normas bija būtiski lielāks – 1.3 – 1.8 g $kg^{-1}$. Tas nozīmē, ka tad, kad augiem bija lielāks slāpekļa nodrošinājums nekā tas nepieciešams graudu ražas veidošanai, tie daļu no uzņemtā slāpekļa uzkrāja salmos.

Vērtējot slāpekļa saturu dažādās augsnēs audzēto vasaras kviešu salmos, redzams, ka kontroles variantā mālsmilts augsnē tā saturs ir nedaudz mazāks (4.2 g $kg^{-1}$) nekā smilšmāla augsnē audzēto kviešu salmos (4.9 g $kg^{-1}$). Iestrādājot 50 kg $ha^{-1}$ slāpekļa mēslojuma, slāpekļa saturs abās augsnēs audzēto kviešu salmos praktiski izlīdzinājās, savukārt iestrādājot 100 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa un vairāk, mālsmilts augsnē audzētajos vasaras kviešu salmos slāpekļa saturs bija par 1.0 – 1.8 g $kg^{-1}$ lielāks nekā smilšmāla augsnē audzēto augu salmos. Tas nozīmē, ka vieglāka granulometriskā sastāva augsnē krājumā iestrādātais slāpeklis ir augiem vieglāk pieejams un tas arī attiecīgi vairāk tiek uzkrāts graudaugu salmos.

Slāpekļa saturs vasaras kviešu salmos atsevišķos izmēģinājumu variantos svārstījās robežās no 3.5 līdz 13.7 g $kg^{-1}$ (3.49. att.).

Mālsmilts augsnē pēc atsevišķiem priekšaugiem slāpekļa saturs svārstījās robežās no 4.1 līdz 13.7 g $kg^{-1}$, pie kam palielinot slāpekļa mēslojuma normu, slāpekļa saturs salmos pakāpeniski pieauga. Neliels slāpekļa mēslojums 50 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa saturu salmos būtiski neietekmēja, bet slāpekļa mēslojums 100 un 150 kg $ha^{-1}$ N būtiski (atbilstoši par 2.2 un 1.7 g $kg^{-1}$) palielināja slāpekļa saturu salmos, pie kritiskās robežstarpības slāpekļa mēslojuma faktoram $RS_{0.05\ N}$ = 1.66 g $kg^{-1}$ (3.49. att.).




3.49. att. Slāpekļa saturs salmos, g $kg^{-1}$ vid. 2000. – 2001.g.

$RS_{0.05}$ = 0.117 g $kg^{-1}$ priekšaugam mS; $RS_{0.05}$ = 0.118 g $kg^{-1}$ priekšaugam sM

Mālsmilts augsnē vidēji augstākais slāpekļa saturs (9.4 g $kg^{-1}$) salmos bija variantā ar zālaugu priekšaugu, kas bija būtiski lielāks par variantos ar kartupeļu un graudaugu priekšaugiem iegūto salmu slāpekļa saturu – attiecīgi 7.3 un 8.0 g $kg^{-1}$ pie kritiskās robežstarpības $RS_{0.05}$ = 1.17 g $kg^{-1}$. Kartupeļu un graudaugu priekšaugi slāpekļa saturu salmos ietekmēja līdzīgi (3.49. att.). Variantā bez slāpekļa mēslojuma slāpekļa saturs vasaras kviešu salmos dažādu priekšaugu ietekmē bija praktiski vienāds 4.1 – 4.4 g $kg^{-1}$. Pie nelielas – 50 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma normas priekšaugu ietekme uz slāpekļa saturu kviešu salmos kļuva izteiktāka, pēc zālaugiem audzētajiem kviešiem salmos bija 6.3 g $kg^{-1}$, pēc graudaugiem audzētajiem vasaras kviešiem salmos bija 5.5 g $kg^{-1}$ un pēc kartupeļiem 4.8 g $kg^{-1}$ slāpekļa. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu līdz 100 kg $ha^{-1}$, priekšaugu iedarbība uz slāpekļa saturu vasaras kviešu salmos palielinājās vēl vairāk. Šajā variantā pēc zālaugiem audzēto vasaras kviešu salmos konstatēts vidēji 10.0 g $kg^{-1}$ liels slāpekļa saturs, bet pēc kartupeļiem audzēto vasaras kviešu salmos bija būtiski mazāk – 5.9 g $kg^{-1}$ slāpekļa, pie kritiskās robežstarpības atsevišķām starpībām $RS_{0.05}$ = 2.87 g $kg^{-1}$. Pēc graudaugiem audzētajiem vasaras kviešiem salmos pie 100 kg $ha^{-1}$ slāpekļa mēslojuma konstatēts vidēji 7.3 g $kg^{-1}$ slāpekļa. Slāpekļa mēslojuma normas palielinot vēl vairāk priekšaugu ietekme uz slāpekļa saturu vasaras kviešu salmos praktiski nemainījās.

Smilšmāla augsnē slāpekļa saturs vasaras kviešu salmos svārstījās robežās no 3.5 līdz 11.3 g $kg^{-1}$ (3.49. att.). Slāpekļa saturs salmos smilšmāla augsnē variantos ar graudaugu un zālaugu priekšaugiem bija līdzīgs, attiecīgi konstatēts vidēji 7.5 un 8.2 g $kg^{-1}$ slāpekļa. Būtiski zemāks slāpekļa saturs vasaras kviešu salmos 6.4 g $kg^{-1}$ konstatēts variantā, kurā par priekšaugu tika izmantoti kartupeļi, ņemot vērā kritisko robežstarpību priekšaugiem $RS_{0.05}$ = 1.18 g $kg^{-1}$.

Variantā bez slāpekļa mēslojuma slāpekļa saturs vasaras kviešu salmos bija lielā mērā atkarīgs no iepriekšējā gada audzētā kultūrauga. Vairāk slāpekļa – 6.2 g $kg^{-1}$ vasaras kviešu salmos bija variantos pēc graudaugiem. Pēc zālaugiem audzēto vasaras kviešu salmi saturēja vidēji 4.9 g $kg^{-1}$ slāpekļa, bet mazākais slāpekļa saturs – 3.5 g $kg^{-1}$ konstatēts variantā, kurā vasaras kvieši sekoja pēc kartupeļiem. Pie nelielas – 50 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa mēslojuma normas slāpekļa saturs salmos palielinājās pēc zālaugiem audzētajiem kviešiem, iegūstot salmus ar 6.2 g $kg^{-1}$, un pēc kartupeļiem iegūstot salmus ar 4.0 g $kg^{-1}$ slāpekļa saturu. Pēc graudaugiem audzētajiem vasaras kviešiem neliels slāpekļa mēslojums slāpekļa saturu salmos samazināja par 0.4 g $kg^{-1}$. Slāpekļa mēslojuma normai pieaugot, arī slāpekļa saturs pēc kartupeļiem un pēc zālaugiem audzēto vasaras kviešu salmos pakāpeniski pieauga. Pēc graudaugiem audzēto vasaras kviešu salmos slāpekļa saturs palielinājās, atbilstoši par 1.8 g $kg^{-1}$ un par 2.2 g $kg^{-1}$, tikai pie 100 kg $ha^{-1}$ N un pie 250 kg $ha^{-1}$ N lielām slāpekļa mēslojuma normām, sasniedzot attiecīgi 7.6 g $kg^{-1}$ un 10.0 g $kg^{-1}$ slāpekļa saturu. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu no 100 uz 150 vai 200 kg $ha^{-1}$ N, slāpekļa daudzums salmos praktiski nemainījās, svārstoties ± 0.2 g $kg^{-1}$ robežās (3.49. att.).

Izmēģinājumos lielākā ietekme uz slāpekļa saturu vasaras kviešu salmos izrādījās slāpekļa mēslojumam. Palielinot slāpekļa mēslojumu, attiecīgi pieauga arī slāpekļa saturs salmos. Smilšmāla augsnē audzēto vasaras kviešu salmos slāpekļa saturs bija vidēji par 0.8 g $kg^{-1}$ zemāks nekā attiecīgos variantos mālsmilts augsnē.

Kopumā var teikt, ka slāpekļa saturs salmos mainījās līdzīgi kā kopproteīna saturs vasaras kviešu graudos. Mālsmilts augsnē augstākais slāpekļa saturs veidojās priekšauga „zālaugi" ietekmē, bet mazāk slāpekļa saturošo vielu konstatēts salmos, kuri izaudzēti variantā ar priekšaugu "kartupeļi". Arī smilšmāla augsnē vairāk slāpekļa saturošo vielu izrādījās salmos, kuri iegūti variantos kur priekšaugs bija zālaugi, bet mazākais slāpekļa saturs izrādījās salmos no izmēģinājumu lauciņiem, kur priekšaugs bija kartupeļi, lai gan graudu ražība pēc kartupeļiem bija viena no labākajām.

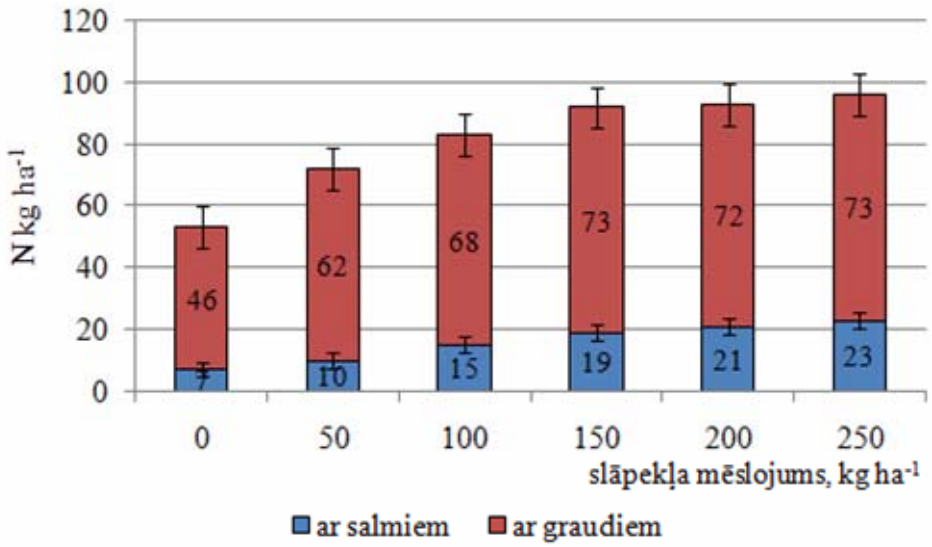
### 3.8. Slāpekļa bilance un efektivitāte

Vasaras kviešu graudi un salmi ir galvenā produkcija, ko izmanto kā izejvielas dažādās ražošanas nozarēs. Tādejādi rēķinot barības vielu bilanci, vērā tiek ņemta graudu un salmu kopraža un barības vielu iznesa ar to. Slāpekļa bilance aprēķināta kā starpība starp slāpekļa ienesi un iznesi. Ienesi veidoja ar minerālmēsliem augsnē nonākusī augu barības elementu masa, bet iznese bija tā augu barības elementu masa, kas tika saistīta ražā un novākta no lauka ar graudiem un salmiem. Iznese tika aprēķināta ņemot vērā attiecīgā kultūrauga ražas lielumu un slāpekļa saturu tajā.

Apkopojot graudu un salmu ražas un to ķīmisko sastāvu, tika iegūtas vidējas slāpekļa iznesas (3.50. un 3.51. att.), kas veidojās audzējot vasaras kviešus dažādās augsnēs un pēc dažādiem priekšaugiem (38. un 39. pielikumi).

Lielāko ietekmi uz slāpekļa iznesi atstāja slāpekļa minerālmēsli. No 3.50. attēla izriet, ka kontroles variantā slāpekļa iznese ar vasaras kviešu graudiem un salmiem bija mazākā – tikai 53 kg $ha^{-1}$ N (40. pielikums). Lielākais slāpekļa izneses pieaugums,

lietojot slāpekļa minerālmēslus, konstatēts mazākās slāpekļa mēslojuma normas – 50 kg ha$^{-1}$ N variantā, kad iznese pieauga no 53 kg ha$^{-1}$ līdz 72 kg ha$^{-1}$ N un tas bija vairāk par kritisko robežstarpību $RS_{0.05N}$ = 5.6 kg ha$^{-1}$ N. Iestrādājot slāpekļa mēslojuma normas 100 un 150 kg ha$^{-1}$ N, slāpekļa iznese ar ražu pieauga attiecīgi līdz 83 un 92 kg ha$^{-1}$ N, kas bija būtisks pieaugums pie kritiskās robežstarpības $RS_{0.05N}$ = 5.6 kg ha$^{-1}$ N. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu līdz 200 un 250 kg ha$^{-1}$ N izneses pieaugums vairāk nebija būtisks, kas liecina par slāpekļa minerālmēslu neizmantošanos paredzētiem mērķiem – graudu ražas un kvalitātes nodrošināšanai un par iespējamo apkārtējās vides piesārņojumu.

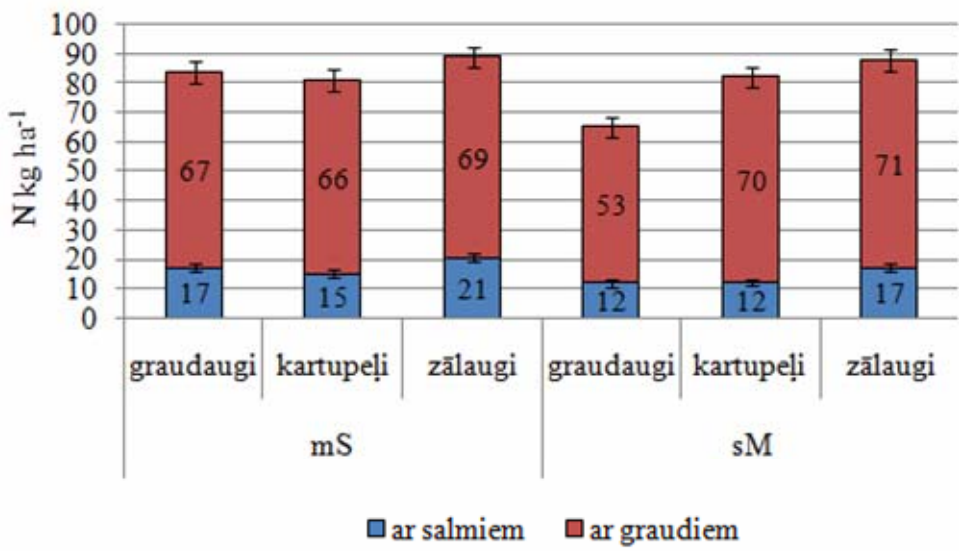



3.50. att. Slāpekļa iznese ar graudiem un salmiem slāpekļa mēslojuma ietekmē, vid. kg ha$^{-1}$ N.

$RS_{0.05\ N}$ = 5.6; $RS_{0.05\ atsev.\ starp.}$= 13.6 kg ha$^{-1}$

Priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekmi uz slāpekļa iznesi atspoguļo 3.51. attēls. Lielākā slāpekļa iznese abās augsnēs bija vasaras kviešus audzējot pēc zālaugiem: 88 – 90 kg ha$^{-1}$ N, jo šajā gadījumā augsnē bija vairāk augiem pieejamā slāpekļa. Neskatoties uz lielākajām graudu ražām, kas iegūtas vasaras kviešus audzējot pēc kartupeļiem, šajos variantos slāpekļa iznese tomēr bija nedaudz zemāka: 81 – 82 kg ha$^{-1}$ N, bet tas nebija būtiski pie kritiskajām robežstarpībām priekšauga faktoram $RS_{0.05\ mS}$ = 9.5, $RS_{0.05\ sM}$ = 8.2 kg ha$^{-1}$ N.

Savukārt, audzējot vasaras kviešus pēc graudaugiem, slāpekļa iznese bija atkarīga arī no augsnes granulometriskā sastāva. Mālsmilts augsnē pēc graudaugiem tā bija nedaudz lielāka nekā pēc kartupeļiem – 84 kg ha$^{-1}$ N, bet smilšmāla augsnē slāpekļa iznese bija mazākā – tikai 65 kg ha$^{-1}$ N, ko varētu izskaidrot ar to, ka šajos variantos graudu ražas bija vienas no zemākajām. Atšķirības bija būtiskas pie kritiskās robežstarpības priekšauga faktoram smilšmāla augsnē $RS_{0.05\ sM}$ = 8.2 kg ha$^{-1}$ N (41. pielikums).




3.51. att. Slāpekļa iznese ar graudiem un salmiem pēc dažādiem priekšaugiem, kg ha$^{-1}$ N.

$RS_{0.05}$ = 9.5 mS; $RS_{0.05}$ = 8.2 sM; $RS_{0.05}$ = 16.5 ats. starp. mS; $RS_{0.05}$ = 14.2 kg ha$^{-1}$ N ats. starp. sM

Analizējot slāpekļa N iznesas ar graudiem un salmiem ņemot vērā iestrādāto slāpekļa mēslojumu, tika noskaidrota iestrādātā slāpekļa izmantošanās. Minerālā slāpekļa mēslojuma izmantošanās veido priekšstatu par lietoto minerālmēslu efektivitāti. Tā aprēķināšanā par pamatu tiek ņemta starpība starp vasaras kviešu slāpekļa iznesām no nemēslotā un mēslotajiem variantiem, kas gan ir nosacīts rādītājs, jo, lietojot minerālmēslus, netiek ņemti vērā slāpekļa mēslojuma zudumi un augsnē esošo potenciālo slāpekļa krājumu izmantošanās samazinājums, uz kuru pamata veidojas graudu ražas variantos bez minerālmēslu slāpekļa.

3.8. tabula

**Slāpekļa mēslojuma izmantošanās mālsmilts augsnē vidēji 2000. – 2001. gados, %**

| Slāpekļa mēslojums, kg ha$^{-1}$ | Priekšaugi | | |
|---|---|---|---|
| | zālaugi | graudaugi | kartupeļi |
| N 50 | 32 | 51 | 34 |
| N 100 | 32 | 40 | 26 |
| N 150 | 23 | 34 | 26 |
| N 200 | 16 | 26 | 18 |
| N 250 | 17 | 19 | 18 |

Lai gan slāpekļa mēslojuma izmantošanās ir relatīvs rādītājs, tas parāda patieso situāciju, kāda veidojas augu augšanas procesā, lietojot minerālmēslus ar dažādām to iestrādes normām.

Viegla granulometriskā sastāva – mālsmilts augsnē vasaras kviešos slāpekļa mēslojuma izmantošanās svārstījās robežās no 17 līdz 51 % (3.8. tab.). Minerālmēslu slāpekļa lietderība praktiski visos variantos samazinājās līdz ar mēslojuma normas palielināšanu. Izņēmums bija variants kur priekšaugs bija zālaugi, kurā slāpekļa mēslojuma normas 50 un 100 kg ha$^{-1}$ ietekmē, slāpekļa izmantošanās koeficienti bija vienādi – 32 %. Slāpekļa mēslojuma lielākā efektivitāte konstatēta lauciņos pēc

graudaugiem, kuros vasaras kvieši ražas veidošanai patērēja vidēji 51 % no ar minerālmēsliem iedotā slāpekļa (3.8. tab.).

Smilšmāla augsnē slāpekļa mēslojuma izmantošanās svārstījās robežās no 13 līdz 64 % (3.9. tab.). Līdzīgi kā mālsmilts augsnē, arī smilšmālā vasaras kvieši minerālmēslu slāpekli izmantoja labāk lauciņos kur priekšaugs bija graudaugi, atkarībā no mēslojuma normas N izmantošanās bija no 19 līdz 64 % (3.9. tab.). Slāpekļa mēslojuma izmantošanās, palielinoties slāpekļa mēslojuma normai, pakāpeniski samazinājās, izņemot variantus, kad vasaras kvieši tika audzēti pēc kartupeļiem, jo tad slāpekļa mēslojuma normas 50 kg $ha^{-1}$ $^{N}$ palielināšanas rezultātā uz 100 kg $ha^{-1}$ vai uz 150 kg $ha^{-1}$ N, slāpekļa izmantošanās rādītāji nemainījās.

3.9. tabula

**Slāpekļa mēslojuma izmantošanās smilšmāla augsnē vidēji 2000. – 2001. gados, %**

| Slāpekļa mēslojums, kg $ha^{-1}$ | Priekšaugi | | |
|---|---|---|---|
| | zālaugi | graudaugi | kartupeļi |
| N 50 | 32 | 64 | 30 |
| N 100 | 21 | 44 | 30 |
| N 150 | 24 | 31 | 29 |
| N 200 | 15 | 23 | 19 |
| N 250 | 15 | 19 | 13 |

Minerālmēslu slāpekļa izmantošanās ir cieši saistīta ar slāpekļa bilanci, kas attēlota 3.52. un 3.53. attēlos. Bilance raksturo ienestās slāpekļa masas (ienesa) un ar ražu no lauka novāktās slāpekļa masas (iznesa) starpību.

Slāpekļa bilanci var uzskatīt par nosacītu rādītāju, jo to ietekmē arī slāpekļa krājumi augsnē, augsnes mikrobioloģiskie procesi un laukaugu audzēšanas agrotehniskie pasākumi.

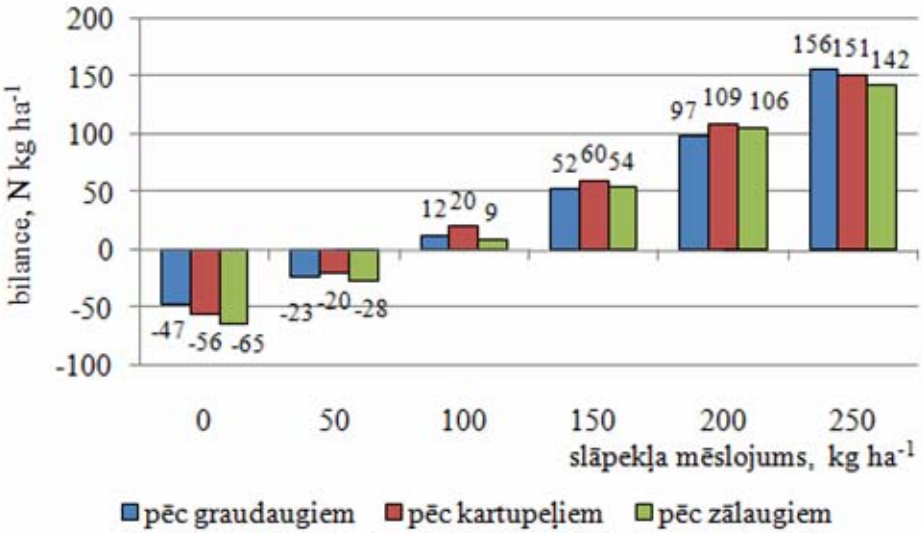
Slāpekļa bilance rēķināta ņemot vērā ar graudu ražu un salmiem iznestā slāpekļa daudzumu. Saknēs uzkrātā slāpekļa noteikšana netika veikta sakarā ar salīdzinoši darbietilpīgu un dārgu procesu, kā arī sakarā ar to, ka saknēs esošais slāpeklis palika augsnē. Kā konstatējuši daži pētnieki sakņu masas daudzums no ziedēšanas līdz nogatavošanās laikam ievērojami samazinās un ražas novākšanas brīdī līdz ar dzīvajām saknēm augsnē atrodamas pussadalījušās un stipri sadalījušās saknes (Bunga, 1966; Станков, 1964). Tādejādi praktiski nav iespējams precīzi noteikt vasaras kviešu augu saknēs uzkrāto slāpekļa daudzumu. Sakņu masas apjoms mainās arī līdz ar graudu ražas līmeņa izmaiņām. Jo lielāka graudu raža, jo mazāka veidojas sakņu – graudu attiecība (Станков, 1964).

Taču vasaras kviešu saknēs veģetācijas perioda laikā uzkrātais slāpekļis ir uzskatāms par augu uzņemto slāpekli, kas palielināja ar vasaras kviešiem uzņemtā slāpekļa daudzumu no minerālmēsliem un realitātē samazināja bilances pozitīvo daļu. L. Ivannikova un T. Bulatkins (Ivannikova, Bulatkins, 1983) raksta, ka bioloģiskā kultūraugu slāpekļa iznese veido 77 – 85 %, bet saimnieciski derīgā produkcija – 66 – 73 % no kopējā barības vielu patērētā daudzuma.

Vasaras kvieši kontroles variantā (bez slāpekļa mēslojuma) izmantoja slāpekli no augsnes rezervēm, tādejādi slāpekļa bilance variantā bez slāpekļa mēslojuma bija negatīva.

Variantā bez slāpekļa mēslojuma slāpeklis vairāk bija pieejams pēc zālaugiem, tāpēc arī negatīvā slāpekļa bilance šajā priekšauga variantā bija lielākā – 65 kg $ha^{-1}$ N (3.52. att.). Mazāka vasaras kviešu raža, līdz ar to tai sekojoša mazāka slāpekļa iznese

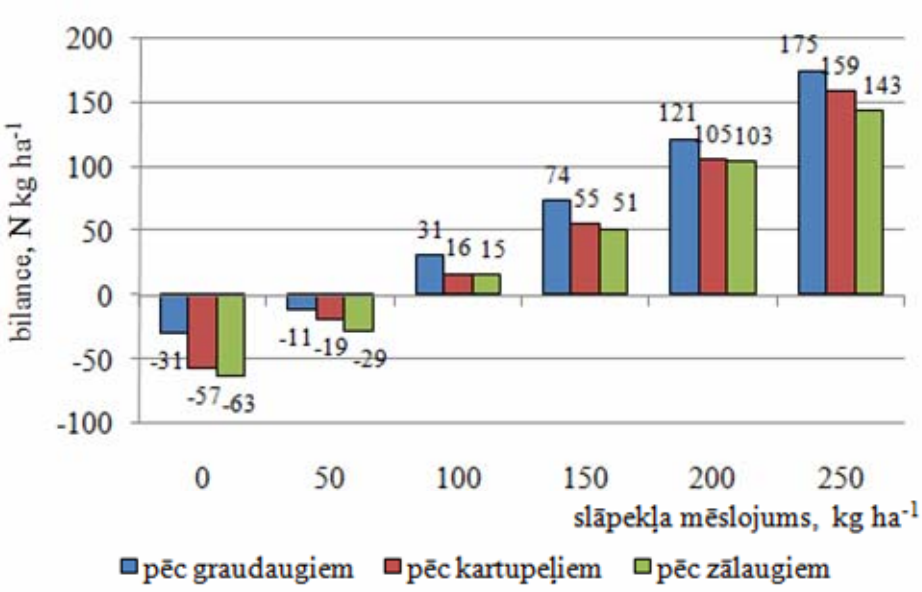
mālsmilts augsnē priekšauga ”graudaugi” ietekmē veidoja mazāk negatīvu bilanci variantā bez slāpekļa minerālmēslu iestrādes -47 kg ha$^{-1}$ (3.52. att.). Mālsmilts augsnē lietojot nelielu slāpekļa mēslojumu – 50 kg ha$^{-1}$ N joprojām saglabājās negatīva slāpekļa bilance visos priekšaugu variantos un tā bija robežās no -20 līdz -28 kg N ha$^{-1}$. Tikai lietojot 100 kg ha$^{-1}$ N un vairāk slāpekļa mēslojumu, tika novērota pozitīva slāpekļa bilance (42. pielikums).




3.52. att. Slāpekļa bilance mālsmilts augsnē, N kg ha$^{-1}$.

Smilšmāla augsnē slāpekļa bilance vasaras kviešu sējumos mainījās līdzīgi kā mālsmilts augsnē. Pēc zālaugiem bija lielākā negatīvā slāpekļa bilance: - 63 kg ha$^{-1}$ N variantā bez slāpekļa mēslojuma un -29 kg ha$^{-1}$ N variantā ar slāpekļa mēslojumu 50 kg ha$^{-1}$ N. Smilšmāla augsnē priekšauga ”graudaugi” ietekmē veidojās mazākā negatīvā bilance: variantā bez slāpekļa minerālmēslu iestrādes -31 kg ha$^{-1}$ (3.53. att.) un arī 50 kg ha$^{-1}$ N liela slāpekļa mēslojuma ietekmē tā bija tikai -11 kg ha$^{-1}$ N. Iestrādājot 100 kg ha$^{-1}$ un lielāku slāpekļa mēslojumu smilšmāla augsnē tāpat kā mālsmilts augsnē slāpekļa bilance bija pozitīva (3.53. att.).

Slāpekļa normai tikai aptuveni jāatbilst iznesai, pieļaujama vai pat vēlama negatīva bilance. Slāpekļa negatīvās bilances atlikuma absolūtais lielums drīkst pieaugt, palielinoties augsnes auglībai un pilnveidojoties kultūraugu audzēšanas tehnoloģijai. Pieaugot augsnes auglībai, slāpekļa normas lielums jāpalielina, ņemot vērā gaidāmo ražas pieaugumu, bet jāsamazina slāpekļa iznesas segums ar slāpekļa normu. Ja bilances atlikums pārsniedz 50 kg ha$^{-1}$ N, tad tas nozīmē, ka mēslojums tika izmantots neracionāli (Daiga u.c., 1987).




3.53. att. Slāpekļa bilance smilšmāla augsnē, N kg ha$^{-1}$.

Slāpekļa mēslojuma agronomiskā efektivitāte parāda iegūto graudu daudzumu no viena kilograma iestrādātā mēslojuma, šajā gadījumā – slāpekļa. Tas ļauj spriest par slāpekļa mēslojuma lietderību tieši graudu ražas veidošanai.

Slāpekļa mēslojuma agronomiskā efektivitāte izmēģinājumos vidēji 1999. – 2001. gados svārstījās no 0.56 līdz 16.16 kg iegūto graudu no viena slāpekļa mēslojuma kilograma. Lielākā vasaras kviešu atsaucība bija uz mazāko slāpekļa mēslojuma normu 50 kg ha$^{-1}$ un svārstījās no 5.63 līdz 16.16 kg graudu no 1 kg N, vidēji 11.7 kg graudu (3.10. tab.). Variantos ar slāpekļa mēslojumu 100 kg N ha$^{-1}$ viens kilograms slāpekļa vidēji deva 8.12 kg graudu un svārstījās robežās no 3.49 līdz 12.49 kg graudu. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu, tika novērots slāpekļa mēslojuma efektivitātes samazinājums, līdz variantā ar 250 kg ha$^{-1}$ N iestrādi viens slāpekļa kilograms nodrošināja vidēji 2.24 kg graudu.

3.10. tabula

**Slāpekļa mēslojuma agronomiskā efektivitāte, kg graudu kg$^{-1}$ N**

| Mēslojums, kg ha$^{-1}$ | Variants (priekšaugs, augsne) | | | | | | Vidēji |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | zālaugi | | graudi | | kartupeļi | | |
| | mS | sM | mS | sM | mS | sM | |
| N 50 | 8.85 | 5.63 | 16.16 | 13.46 | 14.09 | 11.99 | 11.70 |
| N 100 | 5.09 | 3.49 | 12.49 | 10.42 | 8.56 | 8.66 | 8.12 |
| N 150 | 2.72 | 3.49 | 9.14 | 6.01 | 5.50 | 6.61 | 5.58 |
| N 200 | 1.33 | 1.97 | 5.91 | 4.91 | 2.73 | 2.45 | 3.22 |
| N 250 | 0.99 | 0.56 | 4.65 | 3.94 | 1.81 | 1.48 | 2.24 |
| N diag. | 6.53 | 7.78 | 14.26 | 13.06 | 9.23 | 12.32 | 10.54 |
| Vidēji | 4.25 | 3.82 | 10.44 | 8.63 | 6.99 | 7.25 | 6.90 |

Smilšmāla augsnē slāpekļa mēslojums bija mazāk efektīvs nekā mālsmilts augsnē, kur vidēji pēc zālaugiem iegūti 4.25 kg graudu un pēc graudaugiem 10.44 kg graudu no 1 kg slāpekļa.

Lielāko slāpekļa mēslojuma efektivitāti nodrošināja priekšaugs – graudaugi, vidēji mālsmilts augsnē 10.44 kg un smilšmāla augsnē 8.63 kg graudu no viena slāpekļa kilograma. Mazākā slāpekļa mēslojuma agronomiskā efektivitāte konstatēta pēc zālaugiem, vidēji 4.25 un 3.82 kg graudu no viena slāpekļa kilograma attiecīgi mālsmilts un smilšmāla augsnēs (3.10. tab.).

Slāpekļa augu barošanās diagnostikas variantā slāpekļa mēslojuma agronomiskā efektivitāte vidēji bija 10.54 kg graudu no slāpekļa 1 kg N, kas bija otrais labākais rezultāts (tūlīt aiz mazākās slāpekļa normas 50 kg $ha^{-1}$ N), bet atsevišķos variantos diagnostikas slāpekļa mēslojuma normas agronomiskā efektivitāte izrādījās augstākā.

### 3.9. Slāpekļa mēslojuma optimizācijas variantu izvērtējums

Izmēģinājumos bez sešiem variantiem ar fiksētām slāpekļa mēslojuma normām, papildus tika iekļauts viens variants ar mainīgu slāpekļa mēslojuma normu. Mainīgā slāpekļa mēslojuma norma bija atkarīga no augu nodrošinājuma ar slāpekli, kas tika noteikts diagnosticējot nitrātu saturu augu stiebru apakšējā daļā. Diagnostikas varianta pamatmērķis bija salīdzināt divas slāpekļa mēslojuma optimizācijas metodes: aprēķinu metodi optimālās slāpekļa mēslojuma normas noteikšanai un nitrātu diagnostikas ekspresmetodi ar difenilamīnu. Abas metodes tika salīdzinātas nosakot nepieciešamā slāpekļa mēslojuma daudzumu, iegūtās graudu ražas un slāpekļa bilanci augsnē.

Visiem diagnostikas variantiem pirmā slāpekļa mēslojuma deva pirms sējas bija 60 kg $ha^{-1}$, bet otrā diagnosticētā slāpekļa mēslojuma deva svārstījās no 0 līdz 26 kg $ha^{-1}$ N atkarībā no priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva, kā arī no agroklimatiskajiem laika apstākļiem (2.3. tab.). Lielākās nepieciešamā slāpekļa papildmēslojuma svārstības pa gadiem novērotas variantos pēc kartupeļiem: no 0.0 līdz 17.0 kg $ha^{-1}$ (±8.5 kg $ha^{-1}$) smilšmāla augsnē, bet stabilākā slāpekļa vajadzība bija novērota lauciņos pēc graudaugiem, kad slāpekļa papilddevas lielums triju gadu laikā svārstījās no 12.0 līdz 26.4 kg $ha^{-1}$ (±7.2 kg $ha^{-1}$) smilšmāla augsnē. Šī priekšauga ietekmē bija novērots izteikts slāpekļa deficīts, kas daļēji izskaidro stabilu nepieciešamību pēc slāpekļa mēslojuma kviešiem, audzējot tos pēc graudaugiem.

Ar aprēķinu metodi noteiktā ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma norma praktiski visos izmēģinājumu variantos atšķīrās no ar ekspresmetodi noteiktā nepieciešamā slāpekļa daudzuma (3.11. tab.).

3.11. tabula

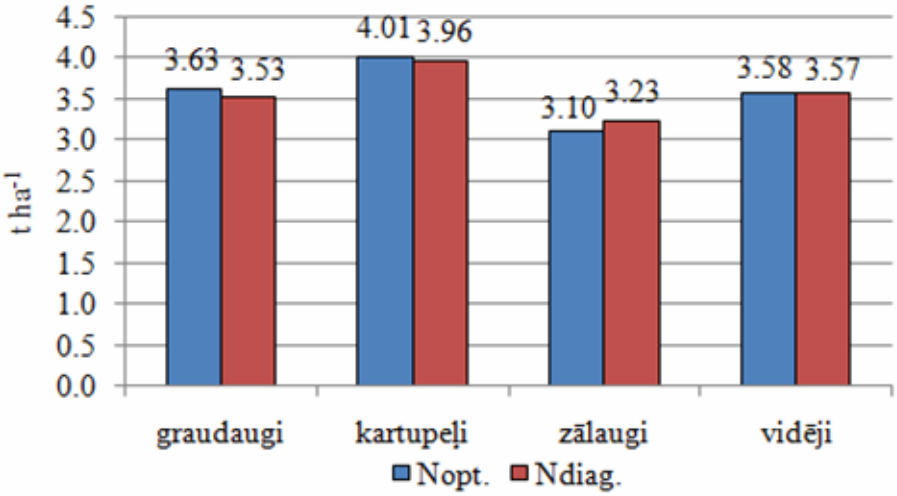
**Slāpekļa mēslojuma optimizācijas variantu salīdzinājums, vid. 1999. – 2001. g.**

| Augsne | Priekšaugs | N opt., kg $ha^{-1}$ | N diag., kg $ha^{-1}$ | Raža pie Nopt., t $ha^{-1}$ | Raža pie Ndiag., t $ha^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| mS | graudaugi | 136 | 78 | 4.02 | 3.78 |
| | kartupeļi | 80 | 80 | 4.25 | 4.14 |
| | zālaugi | 61 | 78 | 3.12 | 3.14 |
| sM | graudaugi | 130 | 80 | 3.24 | 3.27 |
| | kartupeļi | 104 | 76 | 3.77 | 3.78 |
| | zālaugi | 75 | 71 | 3.08 | 3.31 |
| Vidēji | | 98 | 77 | 3.58 | 3.57 |

Augu diagnostikas variantā vidējā slāpekļa mēslojuma norma visos priekšaugu un augšņu variantos bija 71 – 80 kg ha$^{-1}$ N robežās, bet aprēķinos iegūtā ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma daudzums svārstījās daudz plašākā diapazonā: no 61 līdz 136 kg ha$^{-1}$ N. Variantos, kur vasaras kvieši tika audzēti pēc graudaugiem, ar difenilamīna metodi diagnosticētā slāpekļa mēslojuma norma bija par 50 – 58 kg ha$^{-1}$ N mazāka nekā teorētiski izrēķinātais optimālais slāpekļa mēslojums, bet vasaras kviešu graudu raža augu diagnostikas variantā bija tikai nedaudz mazāka nekā aprēķinātā ekonomiski optimālā raža (par 0.24 t ha$^{-1}$). Par 28 kg ha$^{-1}$ N lielāks slāpekļa mēslojums teorētiski izrēķināts arī variantā, kur vasaras kvieši audzēti smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem, bet iegūtās graudu ražas abos variantos bija praktiski vienādas.

Savukārt audzējot vasaras kviešus mālsmilts augsnē pēc zālaugiem, nitrātu diagnostikas variantā slāpekļa mēslojums bija jālieto par 17 kg ha$^{-1}$ vairāk nekā paredzēja aprēķinos iegūtā ekonomiski optimālā slāpekļa norma, pie kam graudu raža pie ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma bija tikai par 0.02 t ha$^{-1}$ mazāka.

Objektīvākam slāpekļa mēslojuma normu noteikšanas metožu vērtējumam un salīdzinājumam, tika noteikti slāpekļa mēslojuma normu un iegūto ražu vidējie rādītāji no visiem izmēģinājuma variantiem (3.11. tab., 3.54. att.).

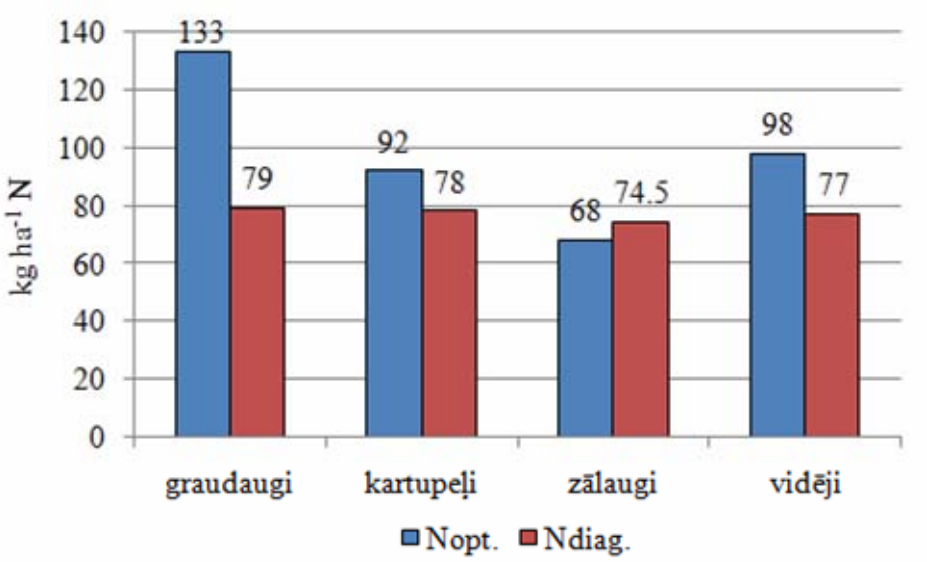



3.54. att. Optimālo graudu ražu atšķirības pēc dažādiem priekšaugiem, t ha$^{-1}$.

Analizējot vidējos rezultātus, kas iegūti apvienojot visus priekšaugu un augsnes variantus izrādījās, ka nitrātu diagnostikas ceļā noteiktā vidējā slāpekļa mēslojuma norma bija 77 kg ha$^{-1}$ N un vidējā vasaras kviešu graudu raža bija 3.57 t ha$^{-1}$. Pēc ekonomiski optimālās slāpekļa mēslojuma normas noteikšanas metodikas aprēķinātā vidējā slāpekļa mēslojuma norma bija 98 kg ha$^{-1}$, bet vidējā iegūtā graudu raža bija praktiski vienāda – 3.58 – 3.57 t ha$^{-1}$ lietojot abas minētās slāpekļa mēslojuma normas noteikšanas metodes (3.54. att., 3.11. tab.). Tas nozīmē, ka no slāpekļa minerālmēslu ekonomiskas lietošanas viedokļa, precīzāka bija augu nitrātu diagnostikas metode, jo pēc šīs metodes vienādas ražas ieguvei vajadzēja par 21 kg ha$^{-1}$ N mazāk slāpekļa.

Vērtējot priekšaugu variantus atsevišķi, konstatēta neliela graudu ražas atšķirība starp rādītājiem, noteiktiem ar abām slāpekļa normas noteikšanas metodēm. Slāpekļa diagnostikas variantā ar zālaugu priekšaugu iegūta lielāka graudu raža nekā pie aprēķinātā optimālā slāpekļa mēslojuma (3.54. att.), bet variantos ar graudaugu un kartupeļu priekšaugiem nedaudz vairāk graudu iegūts ar aprēķinu metodi noteiktā ekonomiski optimāla slāpekļa mēslojuma variantā.

Kā jau minēts, izmēģinājumos pārbaudīto slāpekļa optimizācijas metožu lietošanas rezultātā iegūtas vienādas vidējās graudu ražas, bet nitrātu diagnostikas variantā slāpekļa mēslojums tika lietots vidēji par 21 kg ha$^{-1}$ N mazāk nekā ar aprēķinu metodi noteiktā ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma variantā (3.55. att.).




3.55. att. Optimālo slāpekļa mēslojuma normu atšķirības pēc dažādiem priekšaugiem.

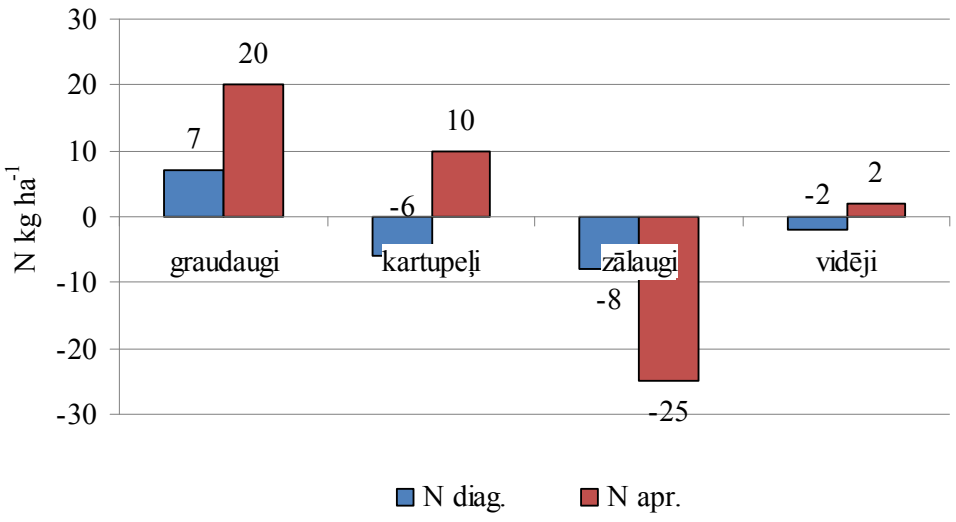
Novērtējot abas slāpekļa mēslojuma optimizācijas metodes, bez iegūtajām graudu ražām un ieteiktajām slāpekļa mēslojuma normām, vēl ir jāizvērtē arī slāpekļa bilance, ko nodrošina abas slāpekļa optimizācijas metodes. Diagnosticētā slāpekļa mēslojuma variantā slāpekļa bilance tika aprēķināta pamatojoties uz slāpekļa iznesi un iestrādātā slāpekļa daudzumu, bet iespējamā slāpekļa bilance pie teorētiski aprēķināta ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma tika noteikta ar otrās pakāpes polinoma regresijas vienādojuma palīdzību.

Izmēģinājumu lauciņos pēc graudaugiem slāpekļa bilance bija pozitīva abos slāpekļa optimizācijas variantos, slāpekļa diagnostikas variantā 7 kg ha$^{-1}$ N, bet teorētiski aprēķināta ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma variantā 20 kg ha$^{-1}$ N (3.56. att.).

Variantā pēc kartupeļiem, diagnosticējot slāpekļa mēslojuma normu ar difenilamīnu, bilance bija negatīva -6 kg ha$^{-1}$ N, bet aprēķinātā ekonomiskā optimuma variantā tā bija pozitīva 10 kg ha$^{-1}$ N.

Variantā pēc zālaugiem abos slāpekļa optimizācijas variantos bija negatīva slāpekļa bilance, kas slāpekļa diagnostikas variantā bija mazāka -8 kg ha$^{-1}$, bet teorētiski aprēķināta ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma variantā tā sasniedza -12 kg ha$^{-1}$ N.

Vidēji izmēģinājumos abos slāpekļa mēslojuma optimizācijas variantos iegūta praktiski neitrāla slāpekļa bilance: -2 un 2 kg ha$^{-1}$ N. Precīzāka bija slāpekļa diagnosticēšanas metode, kurā slāpekļa bilances amplitūda bija no -8 līdz 7 kg ha$^{-1}$ N. Aprēķināta ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma variantā slāpekļa bilance svārstījās nedaudz lielākā diapazonā no -25 līdz 20 kg ha$^{-1}$ N.




3.56. att. Slāpekļa N bilance augsnē pielietojot slāpekļa diagnostikas un aprēķinu metodes, kg $ha^{-1}$.

Salīdzinot slāpekļa optimizācijas metodes atsevišķos priekšaugu variantos, redzams, ka slāpekļa bilance ievērojami atšķīrās. Bilances novirzes no nulles bija lielākas aprēķinātā optimālā slāpekļa mēslojuma variantos gan pozitīvā, gan negatīvā virzienā. Ar slāpekļa mēslojuma diagnostikas metodi noteiktā slāpekļa mēslojuma norma nodrošināja nelielas slāpekļa bilances svārstības, un tā bija tuvu nullei.

No izdarītajiem eksperimentiem izriet, ka slāpekļa mēslojuma diferencēšanas rezultātā nevar panākt priekšauga vai augsnes granulometriskā sastāva ietekmes pilnīgu kompensēšanu gan attiecībā uz graudu ražas līmeni, gan arī attiecībā uz graudu ražas kvalitāti, taču iepriekšminētās darbības rezultātā vidēji augsekā tika panākta praktiski neitrāla slāpekļa bilance.

Abas salīdzinātās slāpekļa optimizēšanas metodes ir piemērotas lietošanai noteiktos apstākļos. Slāpekļa diagnostikas metode lietojama slāpekļa mēslojuma normas koriģēšanai kviešu veģetācijas laikā uz lauka, bet aprēķinu metode ir izmantojama slāpekļa mēslojuma normatīvu izstrādei, apkopojot daudzu sērijveida izmēģinājumu rezultātus.

# SECINĀJUMI

1. Vasaras kviešu priekšaugi būtiski ietekmē slāpekļa daudzumu augsnē: lielāko slāpekļa krājumu aramkārtā atstāj zālaugi, vidēji 47 kg $ha^{-1}$ 20 cm slānī, bet mazāko – graudaugi: vidēji 40 kg $ha^{-1}$ 20 cm slānī.
2. Smilšmāla augsnē slāpekļa krājums aramkārtā ir vidēji par 17 kg $ha^{-1}$ lielāks nekā mālsmilts augsnē.
3. Lietojot palielinātas slāpekļa mēslojuma normas minerālā slāpekļa saturs smilšmāla augsnē pieaug galvenokārt aramkārtā (0 – 20 cm), bet mālsmilts augsnē tas palielinās arī dziļākajos slāņos (līdz 60 cm), kas liecina par slāpekļa piesārņojuma bīstamību vieglāka granulometriskā sastāva augsnēs.
4. Vidēji trijos gados slāpekļa mēslojuma normas 50, 100 un 150 kg $ha^{-1}$ N palielina graudu ražu, salīdzinājumā ar variantu bez slāpekļa mēslojuma, attiecīgi par 0.58, 0.81, 0.83 t $ha^{-1}$ graudu, bet tālāka slāpekļa norma palielināšana neizraisa būtisku graudu ražas pieaugumu.
5. Vasaras kviešu ražas lielumu ietekmē priekšaugs: lielākā graudu raža iegūta audzējot tos pēc kartupeļiem – par 0.4 – 0.7 t $ha^{-1}$ vairāk nekā audzējot kviešus pēc graudaugiem un zālaugiem.
6. Izmēģinājumos vasaras kviešu audzēšanai piemērotāka izrādījās mālsmilts augsne, kur iegūta par 0.27 – 0.40 t $ha^{-1}$ lielāka graudu raža nekā smilšmāla augsnē.
7. Kopproteīna un lipekļa saturs, kā arī lipekļa hidratācijas spēja palielinās līdz ar slāpekļa mēslojuma normas pieaugumu, bet tūkstots graudu masa un graudu tilpummasa samazinās. Krišanas skaitli un lipekļa indeksu mālsmilts augsnē slāpekļa mēslojums būtiski neietekmē.
8. Aprēķināto ekonomiski optimālo slāpekļa mēslojuma normu ietekmē gan priekšaugi, gan augsnes granulometriskais sastāvs: mālsmilts augsnē pēc graudaugiem tā ir 136 kg $ha^{-1}$ N, pēc kartupeļiem – 80 kg $ha^{-1}$ N un pēc zālaugiem 61 kg $ha^{-1}$ N, savukārt smilšmāla augsnē optimālā slāpekļa mēslojuma norma pēc graudaugiem ir 130 kg $ha^{-1}$ N, pēc kartupeļiem – 104 kg $ha^{-1}$ N un pēc zālaugiem pietiek 75 kg $ha^{-1}$ N slāpekļa, kas nodrošina kvalitatīvu graudu ražas ieguvi.
9. Lietojot aprēķināto ekonomiski optimālo slāpekļa mēslojumu dažādu priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva variantos vidēji iegūta pozitīva slāpekļa bilance: 2 kg $ha^{-1}$ N, kas praktiski nodrošina ar ražu iznesto slāpekļa daudzumu.
10. Optimizējot slāpekļa mēslojumu, jāņem vērā priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekme, jo tā būtiski maina vasaras kviešu nodrošinājumu ar slāpekli un graudu ražas līmeni.
11. Abas salīdzinātās slāpekļa optimizēšanas metodes ir piemērotas lietošanai noteiktos apstākļos. Slāpekļa diagnostikas metode (ar difenilamīnu) lietojama slāpekļa mēslojuma normas koriģēšanai kviešu veģetācijas laikā uz lauka, bet optimālā mēslojuma aprēķinu metode ir izmantojama slāpekļa mēslojuma normatīvu izstrādei, apkopojot daudzu sērijveida izmēģinājumu rezultātus.

# PATEICĪBAS

Izsaku vislielāko pateicību LLU Lauksaimniecības fakultātes profesoram Dr. habil. agr. Aldim Kārkliņam par palīdzību sagatavojot promocijas darbu.

Pateicos LLU Lauksaimniecības fakultātes profesoram Dr. agr. Dainim Lapiņam par vērtīgu ideju rosināšanu izmēģinājumu datu apstrādes modeļu izvēlē.

Pateicība VSIA Agroķīmisko pētījumu centra valdes priekšsēdētājai Dr. agr. Regīnai Timbarei par sadarbību augsnes analīžu un agroķīmisko procesu pētījumu jomā.

Vēlos pateikties LLU aģentūras Zemkopības Zinātniskā Institūta direktoram Dr. agr. Aldim Jansonam par atbalstu un mudinājumiem darba noslēguma etapā.

Pateicību izsaku Dr. habil. agr. Astrīdai Runcei par sniegto palīdzību promocijas darba sagatavošanā.

Izsaku pateicību LLU aģentūras Zemkopības Zinātniskā Institūta darbiniekiem asistentei Dainai Sarkanbārdei pētniecei Agritai Švartai par sniegto atbalstu izmēģinājumu iekārtošanā un kopšanā, kā arī izmēģinājumu rezultātu ieguvē.

Paldies LLU aģentūras Zemkopības Zinātniskā Institūta tehniskajam personālam par korektu lauku darbu izpildi izmēģinājumu procesā.

# INFORMĀCIJAS AVOTI


1. *Agroķīmisko pētījumu centra 40 gadi* (2004). R.Timbares red. R. Timbare, A. Pāvule, L. Reinfelde, A. Beināre, A. Miķelsone, S. Kokins, V. Dane, G. Pakalns, M. Jēkabsone, V. Kārkliņa, G. Balode, J. Kuplā, D. Akmene, I. Zakke, M. Šīrone, R. Janševski, J. Fiļipovičs, G. Dukšta. Rīga: Agroķīmisko pētījumu centrs. 135 lpp.
2. Ahrens G. (1995) *Untersuchungen zur Freisetzung des spezifisch gebundenen Ammoniums in der Rhisosphäre sowie zur Umsetzung organischer N-Verbindungen im Einflußbereich der Pflanzenwurzeln*: Inaugural – Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor der Agrarwissenschaften der Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich Wilhelms – Universität zu Bonn. 153 S.
3. Ambainis J. (1939) *Mēsli un augsnes mēslošana*. Rīga: a/s Zemnieka domas izdevums. 199 lpp.
4. Amberger A. (1988) *Pflanzenernährung*. 3 Auflage. Ulmer Verlag, Stuttgart. 186 S.
5. Amon H. (1995) *Abgrenzung und Bewirtschaftung von Teilschlägen mit Hilfe von Vernmerkung und Elektronik*: Dissertation, Technische Universität München – Weichenstephan. 179 S.
6. Amon H., Schneider T. (1993) *Anwendung spektakler Signaturen von Pflanzenbeständen* für Agrarinformatik, heft 3, S. 54 – 60.
7. Anelauskas S., Vaišvila Z. (1981) Dirva,, trašos ir javu derliai. *Žemes ūkis.* Nr. 3. p. 25 – 26.
8. Anspoks P. (1979) *Mēslojums un ražas kvalitāte*. Rīga: Liesma. 195 lpp.
9. Arhipova I., Bāliņa S. (2000) *Statistika ar Microsoft Excel ikvienam*. 2. daļa. Rīga: Datorzinību centrs. 133 lpp.
10. Arora A., Mohan J. (2001) Expression of Dwarfing Genes under Nitrogen and Moisture Stress in Wheat (Triticum spp): Dry Matter Partitioning, Root Growth and Leaf Nitrogen. *Journal Agronomy & Crop Science,* No. 186, p. 111 – 118.
11. *Augsnes diagnostika un apraksts* (2008). Sast. A. Kārkliņš, Jelgava: LLU. 336 lpp.
12. *Augšņu agroķīmisko analīžu metodes* (1997). Nozares standarti. Latvijas Republikas Zemkopības Ministrija. 69 lpp.
13. Baker D.A., Young D.L., Huggins D.R., Pan W.L. (2004) Economically Optimal Nitrogen Fertilization for Yield and Protein in Hard Red Spring Wheat. *Agronomy Journal*, Vol. 96, p. 116 – 123.
14. Bacon E.T.G., Hewitt M.V., Shepherd, C.E. (1998) A comparison of management regimes for one – year rotational set – aside within a sequence of winter wheat crops, and of growing wheat without interruption. Effects on soil mineral nitrogen, grain yield and quality. *The Journal of Agricultural Science,* No. 130, issue 4, p. 377 – 388.
15. Bambergs K. (1932) *Mēslošanas izmēģinājumu rezultāti 1911 – 1913 un 1924 – 1930*. Rīga: Latvijas Lauksaimniecības centrālbiedrība. 36 lpp.

16. Bambergs K. (1938) *Mēslošanas panākumi un atmaksāšanās*. Rīga: ZM Lauksaimniecības pārvaldes izdevums "Rota". 45 lpp.

17. Bambergs K. (1954) Slāpekļa papildmēslojums labībām. *Zinātnes sasniegumus lauksaimniecībai.* Augsnes auglības un lauksaimniecības kultūru ražības celšana. I. daļa. Latvijas PSR zinātņu akadēmija. Rīga, 133. – 139. lpp.

18. Bambergs K. (1966) *Mēslošanas līdzekļi*. Rīga: Liesma. 287 lpp.

19. Barber A.S. (1995) *Soil nutritient bioavailability. A mechanistic approach*. Second edition. New – York: John Wiley& Sons inc. 414 p.

20. Bārbalis K. (1974) *Kā izmantot agroķīmiskās kartes*. Rīga: Liesma. 87 lpp.

21. Bārbalis K., Zemīte A. (1971) *Augšņu ielabošana un mēslošana*. Rīga: Liesma. 235 lpp.

22. Baumgärtel G. (2000) Empfehlungen zur Stickstoffdüngung. *Getraide Magazin,* Nr. 2., S. 116 – 118.

23. Baumgärtel G. (2001) Vier Stickstoff – Düngesisteme im Vergleich. *Getraide Magazin,* Nr. 1., S. 44 – 47.

24. Beer K., Koriath H., Podlesak W. (1990) *Organische und mineralische Dungung DLV*. Berlin. 575 S.

25. Bērziņš E. (2000) *Lauksaimniecības zinātne Latvijā 1950 – 1990 senioru skatījumā.* LLU, Jelgava. 220 lpp.

26. Blackshaw R.E. (2005) Nitrogen Fertilizer, Manure, and Compost Effects on Weed Growth and Competition with Spring Wheat. *Agronomy Journal*. Madison, Nov/Dec, vol. 97, issue 6, p. 1612.

27. Blücher B., Helms U. (2001) $N_{min}$ im August nach Getreide. *Getraide Magazin,* Nr. 4, S. 196 – 198.

28. Boese L., Debruck J. (1998) Weizenbau in Trockengebieten. *Getreide Magazin,* Nr.1, S. 34 – 36.

29. Bonāts I. (1980) *Kviešu audzēšana*. Rīga: Avots. 103 lpp.

30. Bonāts I., Boruks A., Sīviņš O. (1987) Graudaugu audzēšanas intensīvās tehnoloģijas eksperimentālais pamatojums. *Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas vēstis,* Nr.3, lpp. 29. – 41.

31. Bonāts I., Sīviņš O. (1987) Intensīvā tehnoloģija graudaugu audzēšanā. ***No:*** *Intensīvās tehnoloģijas augkopībā*. Sastādījis A. Boruks. Rīga: Avots, lpp. 16. – 56.

32. Bongiovanni R.G., Robledo C.W., Lambert D.M. (2007) Economics of site-specific nitrogen management for protein content in wheat. *Computers and Elektronics in Agriculture,* Vol. 58, Issue 1, p. 13 – 24

33. Boruks A., Golovčenko A., Pirksts V., Rozenberga V. (1999*) Graudi: daudzumi, izmaksas, cenas*. Rīga: Poligrāfists, LLU Zemkopības zinātniskais institūts. 202 lpp.

34. Boruks A., Kārkliņš A., Nikodemus O. (2002) *Augsnes izpētes un zemes novērtējuma metodikas pilnveidošanas problēmas*. Skrīveri. 148 lpp.

35. Bremer E., Kuikman P. (1997) Influence of competition for nitrogen in soil on net mineralization of nitrogen. *Plant and Soil,* Vol. 190, No.1, p. 1. – 8.

36. Brīvkalns K., Gemste I. (1982) *Latvijas augšņu ķīmiskās īpašības*. Rīga: Zinātne. 85 lpp.

37. Bucher A., Sturm H. (1985) *Gezielter dungen Intensiv – virtschaftlich – umweltbezogen*. DLG – Verlag Frankfurt (Main) VUA Verlagsunion AGRAR. 2 Auflage. 381 S.

38. Bunga E. (1966) Kultūraugu atlieku loma organisko un minerālvielu bilancē velēnu vāji podzolētā mālsmilts augsnē. *Augsne un raža*, XIV, lpp. 95. – 104.

39. Bunga E. (1974) *Pētījumi par kultūraugu pēcražas palieku nozīmi organisko un minerālvielu bilancē velēnu podzolētās smilšmāla un mālsmilts augsnēs*: disertācijas darbs lauksaimniecības zinātņu kandidāta grāda ieguvei. Latvijas Zemkopības un Lauksaimniecības Ekonomikas Zinātniskās Pētniecības institūts. Skrīveri. 183 lpp

40. Calderini D.F., Torres – Leon S., Slafer G.A. (1995) Consequences of wheat breeding on nitrogen and phosphorus yield, grain nitrogen and phosphorus concentration and associated traits. *Annals of Botany,* Vol. 76, No. 3, p. 315 – 322.

41. Camberato J.J., Bock B.R. (1990) Spring wheat response to enhanced ammonium supply: I Dry matter and nitrogen content. *Agronomy Journal,* Vol.82, p. 463 – 467.

42. Chaudhry A.U., Mehmood R. (1998) Determination of optimum level of fertilizer nitrogen for varieties of wheat (*Triticum aestivum L.*) *Pakistan Journal of Biological Sciences*, Vol. 1 No.4, p. 351 – 353.

43. *Commission Regulation (EC) No 824/2000 Establishing procedures for the taking – over of cereals by intervention agencies and laying down methods of analysis for determining the quality of cereals* [tiešsaiste]. Pieejams: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000R0824:EN:HTML. Skatīts 04.02.2008.

44. Cox W.J., Reisenauer H.M. (1973) Growth and ion uptake by wheat supplied nitrogen as nitrate, or ammonium, or hoth. *Plant and Soil,* Vol. 38, p. 363 – 380.

45. Daiga Z., Ozola M., Vēvers E., Zake I. (1990) *Informacionālās skaitļošanas sistēmas "Augsne – Raža" izmantošana*. Rīga: Zvaigzne. 134 lpp.

46. Daiga Z., Vēvers E., Zakke I., Melbārde A. (1987) Katrā laukā veidosim augsnes auglības uzlabošanai vajadzīgo NPK bilanci. *Padomju Latvijas Lauksaimniecība*, Nr. 2 (266), 27. – 31. lpp.

47. *Dānijas – Latvijas kopprojekts "Mēslošanas normu un kūtsmēslu normatīvu uzlabošana Latvijā"* (2002). Mēslošanas normu un kūtsmēslu normatīvu lietošana Latvijā. 6 lpp.

48. *Determination of the Danish Nitrogen Standarts* (1997). The Danish Agricultural Advistory Centre, 11 p.

49. Devienne-Barvet F., Justes E., Machet J.M., Mary B. (2000) Integrated control of nitrate uptake by crop growth rate and soil nitrate availability under field conditions. *Annals of Botany,* Vol. 86, No. 5, p. 995 – 1005.

50. Diepolder M., Maidl F. X., Fischbeck G. (1993) *Weizen: Wo mehr und wo weniger N?* DLG Mitteilungen. Agrar – Inform. 1. Ausgabe. S. 28 – 31.

51. Ehlert D., Hellebrand H. J. (2000) Teilflächenspeyifische Bewirtschaftung mit GPS. *Getraide Magazin,* Nr. 1, S. 68 – 72.

52. Engel R.E., Long D.S., Carlson G.R., Meier C. (1999) Method for precision nitrogen management in spring wheat: I Fundamental relationships. *Precision Agriculture,* Vol. 1, No. 3. p. 327 – 339.

53. Engel T (1996) Standortgerechte N-Dungung mit Hilfe von GPS, Elektronik und Stickstoff-Simulation, *Landbauforschung – Volkenrode*, Vol 46, Nr. 3, S. 127 – 133.

54. Engels C. (1994) Effect of root and shoot meristem temperature on shoot dry matter partitioning and the internal concentrations of nitrogen and carbohydrates in maize and wheat. *Annals of Botany,* Vol. 73, No. 2, p. 211 – 219.

55. Engels T. (1993) *Nitratauswaschung aus Getreide – und Zuckerrubenflachen bei unterschiedlichens N – Angebot.* Dem Fachbereich Gartenbau der Universitat Hannover zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Gartenbau wissenschaften. 186 S.

56. Eurostat. *Eiropas komisija* [tiešsaiste] [skatīts 2009. gada 22. maijā]. Pieejams: http://nui.epp.eurostat.ec.europa.eu/nui/setupModifyTableLayout.do

57. Finck A. (1991) *Düngung ertragssteigernd, qualitätsverbessernd, umweltgerecht*. Ulmer, Stuttgart. 174 S.

58. Fritsch F. (1996) *Eignung der $N_{min}$ – Methode zur Stickstoff– Düngebedarfsermittlung unter Berucksichtigung der N– Bilanz bei Bruagerste, Wintergetreide und Raps*. Kongreßband, VDLUFA– Schriftenreihe, Germany. S. 667 – 670

59. Fritsch F. (2000) Schmale Bandbreite beim N – Optimum der Braugerste. *Getraide Magazin* Nr. 1., S. 66 – 67.

60. Günter – Borstal O. (1994) *Einfluß von Produktionsintensität und Jahreswitterung auf die N – Dynamik unter Winterraps, Winterweizen und Wintergerste*. Inauguraldissertation zur Erlagung der Doktorwürde der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Christian– Abrechts– Universität zu Kiel. Kiel. 183 S.

61. Halvorson A., Black A., Krupinsky J. (2000) Sprig wheat response to tillage system and nitrogen fertilization within a crop – fallow system. *Agronomy Journal*, Vol. 92, No. 2, p. 288 – 294.

62. HELCOM (2000) Convention on the protection of the marine environment of the Baltic sea are 1992. HELCOM secretariat, Helsinki, Finland. 43 p.

63. Henke J., Breusted G., Sieling K., Kage H. (2007) Impact of uncertainty on the optimum nitrogen fertilization rate and agronomic, ecological and economic factors in an oilseed rape based crop rotation. *The Journal of Agricultural Science*, Vol. 145: p.455 – 468.

64. Hera C. (1994) The role of inorganic fertilizers and their management practices. ***In:*** *Proceedings of the International Symposium "Fertilizers and Environment"* 26–29 september, 1994. Kluwer academic publishers. Salamanca, Spain, p. 131 –149.

65. Heyder D. (1993) *Nitratverlagerung, Wasserhaushalt und Denitrifikations-potencial in mächtigen Lößdecken und einem Tonboden bei unterschiedlicher Bewirtschaftung*. Rheinische Friedrichß Wilhelmsß Universität, Bonner Bodenkundliche Abhandlungen, Band 10, Bonn. 173 S.

66. Janušauskaite D., Mašauskas V. (2004) Grain yield and quality of winter and spring wheat in relation to nitrogen fertilizer rates. *Žemdirbyste. Mokslo darbai*, No. 4, Vol. 88, p. 48 – 64

67. Justes E., Jeuffroy M.H., Mary B. (1997) Wheat, Barley, and Durum Wheat. ***In:*** *Book Diagnosis of the nitrogen status in crops*. Leimaire G. (ed.). Berlin: Springer Verlag, p. 73 – 107.

68. Justes E., Mary B., Meynard J.M., Machet J.M., Thelier – Huche L. (1994) Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Annals of Botany,* Vol. 74, No. 4, p. 397 – 407.

69. Kaerner E., Kaerner M. (1998) The influence of nitrogen fertilizer and preceding crop on the gluten content of spring wheat. *Transactions of the Estonian Academic Agricultural Society*. Tartu, No. 6, p. 59 – 62.

70. Kārkliņš A. (2001) Augu barības elementu iznesas kā lauksaimniecības agroekoloģiskais indikators. LLMZA. *Agronomijas Vēstis*, Nr. 3, 14. – 19. lpp.

71. Kārkliņš A. (2004) *Augu barības elementu aprites pētījumi un mēslošanas līdzekļu optimizācija atbilstoši labas lauksaimniecības prakses principiem*: LZP zinātnisko pētījumu projekta 01.07.65 pārskats. LLU. Jelgava, 131 lpp.

72. Kersebaum K. (1996) Modellierung der N – Dynamik zur Stickstoffdüngungs-optimierung auf heterogenen Standorten – Voraussetzungen für den operationellen Einsatz in der Praxis. *Landbauforschung – Volkenrode*, .Nr. 46 (3), S. 134 – 140.

73. Keryn P., Black S., Conyers M. (2001) Development of nitrogen mineralization gradients through surface soil depth and their influence on surface soil pH. *Plant and Soil,* No. 234, p. 239 – 246.

74. Kettlewell P.S. (1999) The response of alpha-amylase activity during wheat grain development to nitrogen fertiliser. *Annals of applied biology*, Vol. 134 Issue 2, p. 241–249.

75. Klāsēns V. (1994) Kas tad īsti ir lipeklis? *Ražība*, 7. laidiens, 18. – 19. lpp.

76. Koch M.N (1996) Spätdüngung mit verschiedene N-Düngerformen. *Getreide Magazin,* Nr. 2, S. 32 – 36.

77. Kulitans P., Krūmiņš K., Bambergs K. (1930) *Lauksaimniecības analīze*. I daļa. Augsna. Rīga: Liepājas Burtnieks. 318 lpp.

78. *Kultūraugu mēslošanas plāna izstrādes metodika* (2008). Latvijas Republikas Zemkopības Ministrija. Rīga. 40 lpp

79. *Labas lauksaimniecības prakses nosacījumi* (1999). Atb. par izd. P. Bušmanis Latvijā. Latvijas Lauksaimniecības Universitāte. Jelgava: SIA "Jelgavas tipogrāfija". 103 lpp.

80. *Lauksaimniecības sistēma Latvijas lauku pārbūves periodā* (1991). Rīga: Avots. 317 lpp.

81. Landry J., Delhaye S. (1993) The tryptophan contents of wheat, maize and barley grains as a function of nitrogen content. *Journal of Cereal Science,* Vol. 18, No. 3, p. 259 – 266.

82. *Latvijas augšņu noteicējs* (2009). A. Kārkliņa red. A. Kārkliņš, I. Gemste, H. Mežals, O. Nikodemus u.c. Jelgava: LLU. 240 lpp.

83. Latvijas Valsts Standarti LVS 273:2000 – Labība – Analīžu metodes – Graudu tilpummasas noteikšana. Reģistrēts: 2000.11.30. Spēkā no: 2000.11.30.

84. Lazauskas S., Vaišvila Z., Mažvila J., Ryliškiene E., Arbačauskas J. (1998) Dirvožemio mineralino azoto ir azoto trašu itaka žieminiams kviečiams. *Žemdirbyste. Mokslo darbai*, Vol. 63, 82. – 97.

85. Leimaire G., Plenet D., Grindlay D. (1997) Leaf N content as an indicator of crop N nutrition status. ***In:*** *Book Diagnosis of the nitrogen status in crops*. Leimaire G. (ed.) Berlin: Springer Verlag, p. 189 – 205.

86. Lejiņa B. (1965) Dažādu ziemāju priekšaugu efektivitāte velēnu podzolētās smilšmāla un mālsmilts augsnēs. *Augsne un raža*. Latvijas Zemkopības zinātniskās pētniecības institūta zinātnisko rakstu krājums. XIII. Rīga, 29. – 41. lpp.

87. Lejiņa B., Lejiņš A. (2003) Pētījumi par augmaiņu un nezāļu apkarošanu auzās, vasaras kviešos un griķos augseku stacionārā Skrīveros 1997 – 2000. *Agronomijas Vēstis.* LLMZA Nr. 5. Jelgava. LLU, 143. – 150. lpp.

88. Livmanis J., Vucāns R., Līpenīte I. (2003) Vasaras kviešu 'Eta' graudu kvalitātes izmaiņas mēslojuma ietekmē. *Agronomijas Vēstis.* LLMZA Nr. 5. Jelgava. LLU, 196. – 202. lpp.

89. Lognecher N., Robson A. (1994) Leaf emergence of spring wheat receiving varying nitrogen supply at different stages of development. *Annals of Botany,* Vol. 74, No. 1, p. 1 – 7.

90. Lopez – Bellido L., Fuentes M., Castillo J. E., Lopez – Garrido F. J. (1998) Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat – grain quality grown under rainfed Mediterranean condition**.** *Field Crops Research,* Vol. 57, Issue 3, p. 265 –276.

91. Luo C., Branlard G., Griffin W.B., Me Neil D. L. (2000) The effect of nitrogen and sulphur fertilization and their interaction with genotype on wheat glutenins and quality parameters. *Journal of Cereal Science,* Vol. 31, No. 2, p. 185 – 194.

92. Martre P., Jamieson P.D., Semenov M.A., Zyskowski R.F., Porter J.R., Triobi E. (2006) Modelling protein content and composition in relation to crop nitrogen dynamics for wheat. *European Journal of Agronomy*, Vol. 25, Issue 2, p. 138 –154.

93. Mazversitis J. (1924) *Mākslīgie mēsli un viņu lietošana*. Jelgava. Valters un Rapa. Rīga. 28 lpp.

94. Maļecka S., Bremanis G., Miglane V. (2005) Effect of increased nitrogen fertiliser rates on yield and grain quality of winter wheat varieties. *Agronomijas Vēstis*, Nr. 5, 47. – 51. lpp.

95. Moraghan J. T., Sims A,. Smith L. (2000) Remote sensing of sugar beet canopies for improved nitrogen fertilizer recommendations for a subsequent wheat crop.

96. Muneshwar S., Barman K.K., Kundn S., Tripathi A.K. (1999) Transformation of soil organic pools of N as influenced by integrated use of organic manure and fertilizer nitrogen under soybean – wheat system in vertisol. *Journal of the Indian Society of Soil Science,* Vol. 47, No. 3, p. 483 – 487.

97. Murphy D., Oestergaard H., Schnug E.. (1995) Lokales Ressourcen Management – Ergebnisse und Ausblick.– In Technik für die kleinräumige Bestandsführung. *KTBL – Arbeitspapier,* Nr. 214, S. 90 – 101.

98. Oreccer M.F., van Oijen M., Schapendonk A. H. C.M., Pot C. S., Rabbinge R. (2000) Dynamics of vertical leaf nitrogen distribution in a vegetative wheat canopy. Impact on canopy photosynthesis. *Annals of Botany,* Vol. 86, No.4, p. 821 – 831.

99. Oscarson P. (1996) Transport of recently assimilated $^{15}N$ nitrogen to individual spikelets in spring grown in culture solution. *Annals of Botany,* Vol. 78, No. 4, p. 479 – 488.

100. Osmanis V. (1992) *Zemnieka padomnieks: Laukaugu mēslošana*. Aizkraukle: Krauklītis. 48 lpp.

101. Ostergaard. H., Knudsen. L. (1996) Möglichkeiten der räumlich variablen N – Düngung – Erfahrungen aus dänischen Feldversuchen. *Landbauforschung – Volkenrode*, No. 46, issue 3, p. 150 – 155.

102. Otteson N.B., Mergoum M., Ransom K.J. (2007) Seeding rate and nitrogen management effects on spring wheat yield and yield components. *Agronomy Journal,* Vol. 99, American Society of agronomy, p. 1615 – 1621.

103. Pakalns G. (2006) *Agroķīmija Latvijā.* Agroķīmisko pētījumu centrs. Rīga. 263 lpp.

104. Paponov I.A., Lebedinskai S., Koshkin E.J. (1999) Growth analysis of solution culture– grown winter rye, wheat and triticale at different relative rates of nitrogen supply. *Annals of Botany*, Vol. 84, No. 4, p. 467 – 473.

105. Petersen N. (2001) What is the reason for and the consequence of the variation in N – optimum? ***In**: Book of abstracts: NJF Seminar 322 "Optimal Nitrogen Fertilization – Tools for Recommendation*", held in Ås, Norway, 29 – 30 March, p. 8.

106. Peterson D.E. (1997) Nutrient management. ***In:** Wheat Production Handbook*. K – State Research& Extension, Manhattan, Kansas. p. 12 – 15.

107. Petratiene V. (1984) Mineraliniu trašu normos ir santykis sejomainoje. Lietuvos ŽMTI 1983. M. Užbaigtu tiriamuju darbu trumpi pranešimai. Vilnius, p. 28 – 29.

108. Phillips R. (2008) Denitrification in cropping systems at sub-zero soil temperatures. *Agronomy for Sustainable Development,* Vol. 28 p. 87 – 93.

109. Pliupelyte E., Lazauskas S., Vaišvila Z., Matusevičius K., Škirpiene M., Ežerinskiene N., Greimas G., Grigiene I., Petraitiene V., Novikovas V., Putiloviene A., Krištaponyte I., Simanauskiete E., Aleknavičiūte O., Katinas K., Simanavičiene O., Koncevičiene L. R. (1995) Effect of inorganic soil nitrogen and

rate of nitrogen fertilizer on winter wheat and rye. *Žemdirbyste. LŽI mokslo darbai*, Dotnuva – Akademija, Vol. 44, 143 – 154.

110. Prjaņišņikovs D. (1963) *Par tīrumu mēslošanu un augu sekām*. Rīga: Latvija Valsts izdevniecība. 242 lpp.

111. Rahn C.R., Paterson C.D., Vaidyanathan L.V. (1998) The use of measurements of soil mineral n in understanding the response of crops to fertilize nitrogen in intensive cropping rotations. *The Journal of Agricultural Science*, Vol. 130,. No. 3, p. 345 – 356.

112. Raun W.R., Johnson G.V. (1999) Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Jornal*, Vol. 91, issue 3, p. 357 – 363.

113. Retzer F., Maidl F.X., Fichbeck G., Dennert I., Müller R. (1993) Stickstoff zu Winterweizen optimal einsetzen. *Agrar – Übersicht*, Nr. 44, S. 26 – 29.

114. Revsbech N. and Sorensen J. (1990) Denitrification in soil and sediment. Plenum Press, New York, 341 pp.

115. Richter G.M. (1996) Variabilität und Schätzgenauigkeit von N– Mineralisation, Ertrag und N – Bedarf – Methoden zur Bewertung der IST– Analyse. *Landbauforschung– Volkenrode*, Nr. 46 (3), S. 121 – 126.

116. Riņķis G. (1995) *Augu barošanās diagnostika*. LLU. Jelgava. 40 lpp.

117. Riņķis G., Ramane H. (1989) *Kā barojas augi*. Rīga: Avots. 148 lpp.

118. Rubenis J. (1979) *Augseku agrotehniskie pamati*. Rīga: Liesma. 114 lpp.

119. Rubenis J. (1987) *Agronomisko izmēģinājumu metodikas praktikums*. Rīga: Zvaigzne. 156 lpp.

120. Ruža A. (1995) Kā tad īsti ir ar lipekli un krišanas skaitli. *Latvijas Lauksaimnieks*, Nr.5, lpp. 3. – 6.

121. Ruža A. (1996) Graudu kvalitātes standarti. *Latvijas Lauksaimnieks*, Nr. 7., lpp. 6. – 8.

122. Ruža A. (1997) Kviešu šķirņu ražības un graudu kvalitātes sakarības. ***No:*** *Zinātniskās konferences (1997. gada 13. un 14.februārī) referātu tēzes*. LLU, lpp. 97. – 98.

123. Ruža A. (1998) *Pārtikas graudu kvalitāte: lipekļa saturs graudos, kas to ietekmē*. LLKC. LLU. 28 lpp.

124. Ruža A. (2004) Pārtikas graudu kvalitātes rādītāji. *AgroTops*, Nr. 3., lpp. 15. – 19.

125. Satklifs Dž. (1965) *Minerālvielu uzņemšana augos*. Rīga: Liesma. 205 lpp.

126. Scharpf J., Wehrmann H. C. (1991) *Fachgerechte Stickstoffdüngung schätzen, kalkulieren, messen*. AID 1017 – 1991. Melsungen. Bernecker. S 35.

127. Schilling G. u.a. (1982) *Pflanzenproduktion. Pflanzenernährung und Düngung*. Teil I – Pflanzenernährung VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin. S. 240.

128. Schilling G. u.a. (1987) *Pflanzenproduktion. Pflanzenernährung und Düngung*. Teil II – Düngung. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag. S. 156.

129. Schneider T. (1994) Möglichkeiten und Grenzen der spektralen Tennbarkeit ackerbaulicher Oberflächentypen – eine Abschätzung anhand spektroskopischer

130. Schönberger H. (1996) Vorsicht mit dem Stickstoff in der Schoßphase. *Top-Agrar,* Nr.4, S. 74.

131. Schulz R., Marschner H. (1987) Vergleich von Nitrat – und Amino – N – Schnelltest zur Charakterisierung des Stickstoff-Versorgungsgrades von Winterweizen. *Zeitschrift fuer Pflanzenernaehrung und Bodenkunde,* Vol. 150, Issue 5, p. 348 – 353.

132. Schönberger H. (1998) Wieviel Stickstoff als Startgabe für Getreide? *Top Agrar*, Nr. 2, S. 68 – 73.

133. Sen Tran T., Tremblay G. (2000) Recovery of $^{15}$N-labeled fertilizer by spring bread wheat at different N rates and application times. *Canadian Journal of Soil Science,* Vol. 80, No. 4, p. 533 – 539.

134. Singh V.P., Arora A. (2001) Intraspecifie Variation in Nitrogen Utake and Nitrogen Utilization Efficiency in Wheat (*Triticum aestivum L.*). *Agronomy & Crop Science*, No. 186, p. 239 – 244.

135. Sīviņš O., Pogulis A. (1996) Vasaras kviešu šķirņu ražas formēšana atkarībā no N mēslojuma un izsējas normas. ***No**: Zinātniskās konferences (7. un 8. februārī 1996. gadā) raksti*. LLMZA, LLU Lauksaimniecības fakultāte, LLU. Jelgava, 104. lpp.

136. Skromanis A., Reinfelde L., Timbare R. (1994) *Latvijas augšņu agroķīmiskās īpašības (1959. – 1990.gads).* Rīga: Ražība. 104 lpp.

137. Stafford J.V. (2000) Implementing precision agriculture in the 21 – st. century. *Journal of Agricultural Engineering Research,* Vol. 76, No. 3, p. 267 – 275.

138. Staugaitis G., Vaisvila Z., Mazvila J., Arbaciauskas J., Adomaitis T., Fullen A. M. A. (2007) Role of soil mineral nitrogen for agricultural crops: Nitrogen nutrition diagnostics in Lithuania. *Archives of Agronomy and Soil Science*, Vol. 53, Issue 3, p. 263. – 271.

139. Steén I. (2001) Summary of general standards in the North European Countries. ***In:** Book of abstracts: NJF Seminar 322 "Optimal Nitrogen Fertilization – Tools for Recommendation*", held in Ås, Norway, 29 – 30 March 14 p.

140. Stiskstoffdüngung zu Getreide (1999) Nässegeschädigte Bestände mit Nitrat andüngen! Wieviel Stickstoff aus dem Boden? *Top Agrar,* Nr. 2, S 68 – 71.

141. Strum H., Buchner A., Zerulla W. (1994) *Gezielter dungen*. Integriert, wirtschaftlich, umweltgerecht Verlags Union Agrar. 3., volkommen neu uberarbeitete Auflage: DLG – Verlags – GmbH, Frankfurt am Main S. 471

142. Suter H., Suter P. (1956) A selective spot test for nitrate ion. *Microchimica Acta, Springer Wien*, Vol. 44, No. 7 – 8, p. 1136 – 1139.

143. Špoģis K. (1974) *Graudaugu sējumu struktūra un augsne.* Rīga: Zinātne. 43 lpp.

144. Štikāns J. (1999) *Zeme – mūsu barotāja. Kā padarīt to dāsnāku*. Jelgava: LLU. 166 lpp.

145. Timbare R., Bušmanis M. (2000) Minerālā slāpekļa saturs augsnē 2000. gada pavasarī. *Ražība*, Nr. 7, lpp. 24. – 25.

146. Vēvers E., Gaiss M., Daiga Z., Ozola M. (1981) Ar ESM sastādīto minerālmēslu lietošanas ieteikumu izmantošana. *Padomju Latvijas Lauksaimniecība,* Nr. 6 (198), 20. – 24. lpp.

147. Vonillot M.O., Devienne – Barnet F. (1999) Accumulation and remobilization of nitrogen in a vegetative winter wheat crop during or following nitrogen deficiency. *Annals of Botany*, Vol. 83, No. 5, p. 569 – 575.

148. Wall G.W., Adam N.R., Brooks T.J., Kimball G., Wechsung F., Grossman – Clarke S., Leavitt S. W., Matthias A. O., Webber A. N. (2000) Acclimation response of spring wheat in free air $CO_2$ enrichment (FACE) atmosphere with variable soil nitrogen regimes. 2. Net assimilation and stomatal conductance of Leaves. *Photosynthesis Research,* Vol. 66, No. 1/2, p. 79 – 95.

149. Webb J., Seeney F.M., Sylvester – Bradley R. (1998) The response to fertilizer nitrogen of cereals grown on sandy soils. *The Jornal of Agricultural Sciece*, Vol. 130, No.3, p. 271 – 286.

150. Wendenburg C., Koch H.J. (1996) Optimierung der Stickstoffdüngung. *Aktuelle Ergebnisse einer bundesweiten Versuchsserie. Zuckerrübe*, Nr. 3, S. 132 – 135.

151. Whitney D.A. (1997) *Nutrient management. Wheat production handbook*. Manhattan, Kansas: K – State Research & Extension. 42 p.

152. Žeželis N., Panteļejeva J. (1968) *Agroķīmija.* Rīga: Zvaigzne. 271 lpp.

153. *Агроклиматические ресурсы Латвийской ССР* (1971). Главное управление гидрометеорологической службы при совете министров СССР. Управление гидрометеорологической службы Латвийской ССР. Ленинград: Гидрометеорологическое издательство. 130 с.

154. Барбалис П.Д., Кротов М.Н. (1985) Влияние минеральных удобрений на урожай культур в полевом севообороте на окультуренной дерново – подзолистой почве. ***В кн.:*** *Повышение эффективности удобрений и плодородие почвы.* Ред. Ю.А. Штиканс. Рига: Зинатне. с. 39. – 46.

155. Бокман О.Х., Корстад У., Ли У.Х., Ричардс И. (1990) *Сельское хозяйство и удобрения*. *Удобрения в перспективе*. Драммен. Норвегия: Танген Графиске Сентер. 275 с.

156. Бузмаков В.В., Наволоцкий А.С. (1978) *Севообороты в колхозах и совхозах*. Москва: Колос. 333 с.

157. Василенко И.И. (1986) Повышение урожайности и качества пшеницы. *Сельское хозяйство,* № 3, Москва: Знание. 63 с.

158. Воробьев С.А. (1979) *Севообороты интенсивного земледелия*. Москва: Колос. 428 с.

159. Заболоцкий В. (1997) Использовоние космических аппаратов навигации, наблюдения и связи в новых агротехнологиях. *Международный сельскохозяйственный журнал*, № 5, с. 35 – 38.

160. Иванов П.К. (1971) *Яровая пшеница*. Москва: Колос. 328 с.

161. Иванникова Л.А., Булаткин Т. А. (1983) Биологическое потребление и вынос питательных элементов озимой пшеницей. *Агрохимия* № 7 с. 49 – 53.

162. Качинский Н.А. (1965) *Физика почв*. Ч. 1. Москва: Высшая Школа. 323 с.

163. Кулаковская Т.В. (1990) *Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений*. Москва: ВО Агропромиздат. 219 с.

164. Кумаков В.А. (1980) *Физиология яровой пшеницы*. Москва: Колос. 206 с.

165. Куркаев В.Т., Рихтер Р. (1982) Действие возрастающих норм азотных удобрений на питание и урожайность озимой пшеницы на выщелоченных черноземах. ***В кн.:*** *Труды Кубанского Ордена Трудового знамени Сельско хозяйственного института*. Вып. 211 (239): Система удобрений зерновых, овощных и кормовых культур, Министерство Сельского Хозяйства СССР. с. 3 – 11.

166. Лапа В.В., Лавинский Х.Х., Борисова Т.С., Ивахненко Н.Н., Буржанова Н.И. (1999) Биологическая ценность зерна яровой пшеницы в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений. *Почвенные исследования и применение удобрений*. Минск. Белорусия. БРССА. 25 издание, с. 17 – 24.

167. Леиня Б.Я., Микельсон В.Я., Чубарс С.Я. (1987) Насыщение севооборотов зерновыми культурами в Латвийской ССР. ***В кн.:*** *Агрономические основы специализации севооборотов*. Под редакцией Воробева С. А., Четверня А. М. Москва: ВО Агропромиздат, с. 59 – 66.

168. Мартынов Б.П., Шатилов И.С., Цыварев Д.Е., Рябченко И.К. и др. (1986) *Агрохимическая тетрадь: возделование зерновых культур по интенсивным технологиям*. Москва: Россельхозиздат. 234 с.

169. *Методические указания. (1985) Диагностика минерального питания пшеницы и некорневые подкормки*: Москва: ВНИПТИХИМ. 17 с.

170. Минеев В.Г., Павлов А.Н. (1981) *Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы*. Москва: Колос. 285 с.

171. Панниов В.Д., Кулаковская Т.В. (1981) *Научные основы применения удобрений в западном регионе СССР*. Минск: Урожай. 200 с.

172. *Практическое сельское хозяйство*. (1994) Немецко – российская настольная книга для природощадящего фермерского хозяйстваю Совместный проект Менш унд Умвельт, Омское knижное издательство, с поддержкой со стороны Министерства сельского хозяйства. Нижния Саксония, Фонда Швайсфурт и Фонда Экология и земледелие. 278 с.

173. Петр J. и др. (1985) *Интенсивное производство зерна*. Перевод с чешского Благовещенской З. К. Москва: Агропромиздат. 429 с.

174. Ратнер Е.И. (1965) *Питане растений и применение удобрений.* Москва: Наука. 222 с.

175. Сидоров Н.Ф. (1995) Эффективность азотной подкормки озимой пшеницы в зависимости от предшественников, плодородия дерново-подзолистых почв и гидротермических условий весенне-летнего периода вегетации. *Агрохимия,* N 9, с.7 – 9.

176. Станков Н.З. (1964) *Корневая система полевых культур*. Москва: Колос. 280 с.

177. Толстоусов В.П. (1987) *Удобрение и качество урожая*. Москва: Агропромиздат. 190 с.

178. Церлинг В.В. (1990) *Диагностика питания сельскохозяйственных культур*: справочник. Москва: Агропромиздат. 235 с.

179. Церлинг В.В. (1963) *Растение рассказывает о почве.* Москва: Академия Наук СССР. 85 с.

180. Шабшов В.В., Токаренко В. Н. (1991) Расходуйте удобрение рационально. *Зернрвые культуры*, N 2, с. 32 – 33.

181. Шатилов И.С., Замараев А.Г., Чаповская Г.В. (1980) Баланс элементов минерального питания в севообороте на суглинистой дерново – подзолистой почве. *Вестник сельскохозяйственной науки*. № 5. с. 41 – 45.

182. Шаталова Р.В. (1999) Урожай и качество яровой пшеницы в зависимости от доз азотных удобрений на разных уровнях органических удобрений и степени кислотности почв. *Почвенные исследования и применение удобрений,* БРИССА, Минск, N 25. с. 76 – 88.

183. Якубцнер М.М,, Козьмина Н.П., Любарский Л.Н. (1970) *Пшеница и ее улучшение*. Москва: Колос. 516 с.

# PIELIKUMI