



LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE  
LAUKSAIMNIECĪBAS FAKULTĀTE  
ZEMKOPĪBAS ZINĀTNISKAIS INSTITŪTS

LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE  
FACULTY OF AGRICULTURE  
RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE

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

THE OPTIMIZATION OF NITROGEN FERTILIZER RATE IN  
SPRING WHEAT AFTER DIFFERENT PRE-CROPS IN SANDY  
LOAM AND LOAMY SOIL

**AIVARS JERMUŠS**

PROMOCIJAS DARBA KOPSAVILKUMS  
Dr. agr. zinātniskā grāda iegūšanai

SUMMARY  
of the doctoral thesis for the scientific degree Dr. agr.

**Jelgava 2010**

Darba zinātniskais vadītājs / Scientific supervisor:

Dr. agr. Jānis Vigovskis

Darba zinātniskais konsultants / Scientific advisor:

Prof., Dr. agr. Antons Ruža

Darba recenzenti / Reviewers:

Prof., Dr. habil. agr. Aldis Kārklīšs,

Dr. biol. Ina Belicka,

Dr. agr. Regīna Timbare

Disertācijas aizstāvēšana paredzēta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes atklātā sēdē 2011. gada 14. janvārī plkst. 10.00, LLU 123. auditorijā, Lielā ielā 2., Jelgavā.

The defence of thesis, at open session of Promotion Board of Agriculture will be held on January 14, 2011, at 10.00 AM, room 123, LLU, Liela Street 2, Jelgava, Latvia.

Ar zinātnisko darbu var iepazīties LLU Fundamentālajā bibliotēkā, Jelgavā, Lielā ielā 2.

**Atsauksmes** sūtīt Lauksaimniecības zinātņu nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes sekretārei Dr. agr. Maijai Ausmanei, Lielā iela 2., Jelgava, LV 3001.

The thesis is available at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Liela Street 2, Jelgava.

**References** are welcome to send: Dr. agr. Maija Ausmane, the Secretary of the Promotion Board, Latvia University of Agriculture, Liela Street 2, Jelgava, LV 3001, Latvia.

## SATURS/CONTENT

IEVADS .....	4
MATERIĀLI UN METODEDES.....	7
REZULTĀTI .....	12
Mīnerālais slāpekļis augsnē augu veģetācijas periodā .....	12
Slāpekļa savienojumu dinamika augos veģetācijas periodā.....	13
Vasaras kviešu graudu raža .....	15
Aprēķinātās ekonomiski optimālās slāpekļa mēslojuma normas .....	19
Vasaras kviešu graudu kvalitāte .....	21
Slāpekļa efektivitāte un bilance.....	23
Slāpekļa mēslojuma optimizācijas variantu izvērtējums .....	26
SECINĀJUMI .....	29
INTRODUCTION .....	31
MATERIALS AND METHODS.....	34
RESULTS.....	38
Nitrogen status in soil during vegetation period of plants.....	38
Dynamics of nitrogen compounds in vegetation period of plants .....	39
Yield of spring wheat .....	39
Calculated, economically optimal nitrogen fertilizer rates.....	42
Quality of spring wheat grain.....	44
Effectiveness and balance of nitrogen.....	45
Assessment of various nitrogen fertilizer optimization types.....	47
CONCLUSIONS .....	48

## IEVADS

Slāpekļa mēslojuma optimizācija ir sarežģīts process, jo to ietekmē daudzi biotiski un abiotiski faktori. 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 ieguvu;
- ražas kvalitātes nodrošināšanu;
- minimālu ekoloģisko risku.

Latvijā lauksaimniecībā izmantojamajām zemēm ir liela augsnes īpašību dažādība. Tā radusies gan augsnes veidošanās gaitā, gan antropogēnās 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 nākotnē ir liela nozīme.

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. Īpaši tas attiecināms uz slāpekli jutīgu kultūraugu – vasaras kviešiem.

Latvijā optimālo slāpekļa mēslojuma normu līdz šo pētījumu uzsākšanai galvenokārt noteica, ņemot vērā slāpekļa iznesi ar plānoto ražu, organiskās vielas saturu augsnē, iestrādāto organisko mēslojumu un citus faktoros.<sup>1</sup>

Eiropas Savienības valstīs jau vairākus gadus lieto detalizēti izstrādātus slāpekļa mēslojuma normatīvus atkarībā no kultūraugu audzēšanas apstākļiem. Latvijā slāpekļa minerālmēsļu normas diferencēšana atkarībā no priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva ir aktuāls jautājums. Līdzšinējos pētījumos nepietiekoša uzmanība ir veltīta optimālās slāpekļa normas noteikšanai atkarībā no priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva. Par šīs problēmas aktualitāti liecina arī publikācijas, kurās norādīts, ka smilšmāla un māla augsnēs, it īpaši labi iekultivētās, pie vienādiem citiem apstākļiem (priekšaugi, organiskā mēslojuma iestrāde u.c.) augsnes minerālā slāpekļa krājumi parasti ir krietni

---

<sup>1</sup> *Labas lauksaimniecības prakses nosacījumi* (1999). Atb. par izd. P. Bušmanis Latvijā. Latvijas Lauksaimniecības Universitāte. Jelgava: SIA "Jelgavas tipogrāfija", 103 lpp.

lielāki nekā smilts vai mālsmilts augsnēs. Tādēļ līdzīga kultūraugu ražas līmeņa nodrošināšanai smaga granulometriskā sastāva augsnēs jādod mazāk slāpekļa mēslojuma nekā vieglās augsnēs.<sup>2</sup>

Līdz šim Latvijā šāda tipa jautājumi netika pētīti kompleksi. Tika pētīta vai nu mēslošanas un vasaras kviešu izsējas normas un šķirņu<sup>3</sup>, vai nu priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva<sup>4</sup>, vai mēslošanas un augsnes iekultivēšanas pakāpes<sup>5</sup> ietekme uz graudaugu ražību un/vai tās kvalitāti.

Daudzās valstīs tiek izmantotas speciālas datorprogrammas, ar kuru palīdzību aprēķina optimālo slāpekļa normu. 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 priekšaugu 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.

---

<sup>2</sup> Timbare R., Bušmanis M. (2000) Minerālā slāpekļa saturs augsnē 2000. gada pavasarī. *Ražība*, Nr. 7, lpp. 24. – 25.

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> Anspoks P. (1979) *Mēslojums un ražas kvalitāte.* Rīga: Liesma. 195 lpp.

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 ietekme uz vasaras kviešu graudu ražu un tās kvalitātes rādītājiem, kā arī skaidrota minēto faktoru kompleksa mijiedarbība.

### **Iegūto rezultātu aprobācija un praktiskais pielietojums.**

Par pētījumu rezultātiem ziņots 12 konferencēs un semināros, t. sk., 6 starptautiskas nozīmes. Galvenie pētījumu rezultāti ir apkopoti 6 zinātniskās, starptautiskās publikācijās. 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 doktorantūras 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.

## MATERIĀLI UN METODES

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 (mS) un smilšmāla (sM) pēc trim dažādiem priekšaugiem: kartupeļiem, zālaugiem un graudaugiem.

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.

Smilšmāla augsnes agroķīmiskie rādītāji: pH KCl – 6.3, organisko vielu saturs – 23.0 mg kg<sup>-1</sup> (Tjurina metode), fosfors P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 100 mg kg<sup>-1</sup> (DL – metode), kālijs K<sub>2</sub>O – 135 mg kg<sup>-1</sup> (DL – metode). Mālsmilts augsnes agroķīmiskie rādītāji: pH KCl – 5.7, organisko vielu saturs – 22.0 mg kg<sup>-1</sup>, fosfors P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 142 mg kg<sup>-1</sup>, kālijs K<sub>2</sub>O – 92 mg kg<sup>-1</sup>.

Izmēģinājumos vasaras kvieši 'Munk' iesēti aprīļa beigās ar izejas normu 600 dīgtspējīgas sēklas uz 1 m<sup>2</sup>, pirms sējas iestrādājot 60 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vienkāršā superfosfāta veidā un 90 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O kālija hlorīda veidā, kas augsnē kompensē ar vismaz 6.5 t ha<sup>-1</sup> lielas graudu ražas iznestās barības vielas. Graudu kodināšanai pirms sējas tika izmantota kodne Vincits (*flutriafols*, 25 g L<sup>-1</sup> un *tiabendazols*, 25 g L<sup>-1</sup>) 2 L t<sup>-1</sup>. Nezaļu ierobežošanai izmantots herbicīds Granstar (*metil-tribenurons*, 750 g kg<sup>-1</sup>) ar normu 15 g ha<sup>-1</sup>. Slimību ierobežošanai kviešu stiebrošanas fāzē lietots fungicīds Tango (*epoksikonazols*, 125 g L<sup>-1</sup> un *tridemorfs*, 375 g L<sup>-1</sup>) ar normu 0.8 L ha<sup>-1</sup>. Laputu ierobežošanai, kuru masveida izplatība bija 1999. gadā, tika lietots insekticīds Bi – 58 (*dimetoāts*, 380 g L<sup>-1</sup>) ar normu 1.0 L ha<sup>-1</sup>.

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

Pavisam izmēģinājumos tika pārbaudīti septiņi slāpekļa mēslojuma varianti 0; 50; 100; 150; 200; 250 kg ha<sup>-1</sup> un slāpekļa mēslojuma diagnostikas variants ar difenilamīna metodi. Pirms vasaras kviešu sējas augsnē tika iestrādāti 60 % no paredzētās slāpekļa mēslojuma normas amonija nitrāta (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) veidā, kurā slāpekļa tīrviela sastādīja 34.4 %. Otra slāpekļa mēslojuma deva, 40 % apjomā, izklidēta vasaras kviešu cerošanas fāzes beigās – stiebrošanas sākumā (EC 29).

Vasaras kviešu slāpekļa nodrošinājuma diagnostikas variantā pirmajā iestrādes reizē tika lietots 60 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa, bet papildmēslojuma deva tika noteikta ar difenilamīna ekspresmetodi. Diagnostikas variantā kviešu cerošanas fāzes beigās (EC 29) iestrādātā slāpekļa mēslojuma papilddevas lielumu, kā arī kopējo iestrādāto slāpekļa mēslojuma daudzumu atspoguļo 1. tabula.

**Slāpekļa mēslojuma otrā un kopējā deva diagnostikas variantā, kg ha<sup>-1</sup>**  
*The second and the total dose of nitrogen in variant of diagnostics, kg ha<sup>-1</sup>*

Augsne/ Soil	Pēc graudaugiem/ After cereals		Pēc kartupeļiem/ After potatoes		Pēc zālaugiem/ After grasses	
	EC 29	kopā/ total	EC 29	kopā/ total	EC 29	kopā/ total
1999. gads/ year						
Mālsmilts/ Sandy loam	25.5	85.5	24.0	84.0	26.0	86.0
Smilšmāls/ Loam	26.4	86.4	0.0	60.0	7.0	67.0
2000. gads/ year						
Mālsmilts/ Sandy loam	15.0	75.0	19.0	79.0	19.5	79.5
Smilšmāls/ Loam	12.0	72.0	17.0	77.0	11.5	71.5
2001. gads/ year						
Mālsmilts/ Sandy loam	13.0	73.0	17.0	77.0	10.0	70.0
Smilšmāls/ Loam	20.0	80.0	15.0	75.0	15.0	75.0

Pirms izmēģinājumu 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<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vienkāršā superfosfāta veidā un 90 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O kālija hlorīda veidā. Slāpekļa mēslojuma norma bija 80 kg ha<sup>-1</sup> N. Graudu kodināšanai lietots Vincits (*flutriafols*, 25 g L<sup>-1</sup>; *tiabendazols*, 25 g L<sup>-1</sup>) ar aprēķinu 2 L t<sup>-1</sup>. Nezāļu ierobežošanai izmantots herbicīds Granstar (*metiltribenurons*, 500 g kg<sup>-1</sup>) ar normu 15 g ha<sup>-1</sup>. Slimību ierobežošanai lietots fungicīds Tango 0.8 L ha<sup>-1</sup>. Kviešu rugaine tika smidzināta ar herbicīdu Raundaps (*glifosāts*, 360 g L<sup>-1</sup>) ar normu 4 L ha<sup>-1</sup>. Novākta vasaras kviešu graudu raža vidēji 3 t ha<sup>-1</sup>. Sasmalcinot salmus uz lauka, iestrādāts 3 t ha<sup>-1</sup> sausnes.

Zālaugu mists (turpmāk tekstā zālaugi): sarkanais āboliņš ‘Skrīveru agrais’ 10 kg ha<sup>-1</sup> un viengadīgā airene 10 kg ha<sup>-1</sup>, iesēts maija pirmajā dekādē. Īsi pirms sējas augsnē iestrādāti 60 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, kā arī 90 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O attiecīgi vienkāršā superfosfāta un kālija hlorīda veidā. Veģetācijas laikā zālaugu zaļā masa tika divas reizes nopļauta, sasmalcināta un atstāta uz lauka. Nopļautās zaļās masas apjoms bija vidēji 4 t ha<sup>-1</sup>. Atāls pirms iearšanas smidzināts ar herbicīdu Raundaps (*glifosāts*, 360 g L<sup>-1</sup>) ar normu 4 L ha<sup>-1</sup>. Zālaugu mists:



agrais sarkanais āboliņš un viengadīgā airene tika izvēlēts, lai pēc iespējas īsā laikā – vienā sezonā, tiktu iegūts priekšaugšs, tuvināts biežāk sastopamiem zālaugu priekšaugiem saimniecībās.

Kartupeļi 'Sante' tika stādīti maija vidū, stādāmā materiāla norma 3 t ha<sup>-1</sup>. Nezāles ierobežotas ar herbicīdu Titus (*rimsulfurons*, 250 g kg<sup>-1</sup>) 0.05 kg ha<sup>-1</sup>. Slimību ierobežošanai lietots fungicīds Ridomil Gold (*mankocebs*, 64 g kg<sup>-1</sup>; *metalaksils-M* 4 g kg<sup>-1</sup>) ar normu 2.5 kg ha<sup>-1</sup> un Ditāns (*mankocebs*, 750 g kg<sup>-1</sup>) 2 kg ha<sup>-1</sup>. Kartupeļu mēslošanai lietoti kompleksie minerālmēsli kartupeļiem NPK 11 – 11 – 22 ar normu 450 kg ha<sup>-1</sup>, kas tīrvielā sastādīja NPK 49.5 – 49.5 – 99 kg ha<sup>-1</sup>. Tika ievākta vidēji 25 t ha<sup>-1</sup> liela kartupeļu bumbuļu raža.

Minerālā slāpekļa saturs augsnē noteikts variantos bez slāpekļa mēslojuma lietošanas. Vienas augšanas sezonas laikā augsnes paraugi tika ņemti 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<sub>min</sub> pieņemts, ka mālsmilts augsnes tilpummasa ir 1.2 kg L<sup>-1</sup> un smilšmāla – 1.4 kg L<sup>-1</sup>.

Slāpekļa satura dinamikas noteikšanai augos visos izmēģinājuma variantos no četriem atkārtojumiem nejauši izvēlētu augu galvenie stieбри 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 stieбри, nogriežot tos pie sakņu kakla. Augu paraugi nekavējoties tika sasmalcināti un izžāvēti. Turpmākā darba gaitā izžāvētiem un samalti 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, stieбри atrodas vertikālā stāvoklī,
- 7 – veldre neliela, ¼ stiebru noliekušies 30° leņķī,
- 5 – veldre vidēja, ½ stiebru noliekušies 45° leņķī,
- 3 – veldre stipra, apgrūtināta ražas vākšana, ¾ stiebru noliekušies 60° leņķī,
- 1 – veldre ļoti stipra, ražas novākšana nav iespējama.

Organisko vielu saturs tika noteikts, tās oksidējot ar kālija dihromāta (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) šķīdumu sērskābē. Izveidojušos trīsvērtīgo hromu, kas ir ekvivalents organisko vielu daudzumam, noteica fotokalorimetriski (LV ST ZM 80 – 97).

Augsnes pH tika noteikts potenciometriski 1 molārā (M) 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 (LV ST ZM 82 – 97).

Minerālā slāpekļa satura noteikšanas pamatā bija amonija (N – NH<sub>4</sub>) un nitrātu (N – NO<sub>3</sub>) slāpekļa ekstrakcija no augsnes ar 1 molāru (M) KCl šķīdumu (augšnes un ekstrakta tilpumu attiecība 1: 2.5) ar tai sekojošu nitrātu un amonija kolorimetrisku noteikšanu.

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

Paraugu mitrums tika noteikts pēc LVS ISO 6496: 1999. Tika lietota žāvēšanas metode. Paraugi žāvēti 103 °C temperatūrā līdz konstantas masas sasniegšanai.

Slāpekļa noteikšanai augos izmantota Kjeldāla metode (LVS ISO 5983:1997). Kjeldāla metode tika lietota slāpekļa satura noteikšanai arī graudos un salmos.

Graudu kvalitāte noteikta atbilstoši pēc Latvijas Valsts standartos noteiktās metodikas.

Slāpekļa mēslojuma norma diagnostikas variantā tika noteikta, izmantojot difenilamīna ((C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>NH) ekspresmetodi, kas balstīta uz difenilamīna un nitrātu (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), kā arī nitrītu (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) jonu savstarpējas reakcijas rezultātā intensīvas zilās (N,N'-difenilbenzidīnviolēta) nokrāsas veidošanos.

Vidējā diennakts gaisa temperatūra 1999. gadā tikai veģētācijas perioda sākumā bija zemāka nekā ilggadīgos novērojumos. Turpmākajā augu veģētācijas periodā vidējā gaisa temperatūra bija par 1.7 °C augstāka nekā parasti. Savukārt nokrišņu ziņā 1999. gada veģētācijas periods Skrīveros bija krietni sausāks nekā parasti. Nokrišņu summa piecos augu veģētācijas mēnešos bija par 100 mm mazāka nekā ilggadīgos novērojumos. 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 graudu kvalitātei.

Izmēģinājumu nākošais, 2000. gads izrādījās vēss un mitrs. Lai arī vidējā gaisa temperatūra 2000. gada veģētācijas perioda laikā bija nedaudz augstāka nekā ilggadīgos novērojumos, dienas bija vēsākas nekā parasti, kā rezultātā augu fizioloģisko procesu norises ātrums dienā bija ierobežots. Vasaras kviešu veģētācijas laikā tika novērots arī tiem nelabvēlīgs nokrišņu sadalījums. Veģētācijas perioda pirmajā pusē, kad augiem vairāk nepieciešams mitrums, nokrišņu summa mēnesī bija mazāka nekā ilggadīgos novērojumos. Veģētācijas 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 vairāk nekā divas reizes. Tomēr kopumā no trijiem izmēģinājumu gadiem, šis bija salīdzinoši labvēlīgākais gads kviešu audzēšanai.

Trešajā izmēģinājumu gadā vasaras kviešu veģetācijas laikā vidējā diennakts gaisa temperatūra bija augstāka kā ilggadīgos novērojumos. Augsta dienas gaisa temperatūra novērota kviešu ziedēšanas laikā. Līdzās augstai gaisa temperatūrai jūnijā un jūlijā novērots arī pārmērīgi liels nokrišņu daudzums. Graudu formēšanās laikā stipras lietus gāzes un brāzmais vējš saveldrēja labāk attīstītos sējumus. Saveldrētos sējumos veidojās labvēlīgi apstākļi slimību attīstībai, kas negatīvi ietekmēja graudu ražu un kvalitāti.

Kopumā izmēģinājumu laikā agrometeoroloģiskie laika apstākļi bija ar izteiktām novirzēm no ilggadīgajiem vidējiem rādītājiem, un katrs izmēģinājumu gads bija atšķirīgs.

Lauka izmēģinājumos iegūto ražu datu daudzfaktoru (4) dispersijas analīze tika veikta SPSS programmā, izmantojot Vispārināto lineāro modeļu (General Linear Model GLM) Takei (*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. Graudu cena tika pieņemta kā  $150 \text{ Ls t}^{-1}$ , bet slāpekļa mēslojuma izmaksas –  $0.44 \text{ Ls kg}^{-1} \text{ N}$ , kas bija vidējās šo produktu cenas 2007. gada sezonā – datu apstrādes laikā.

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

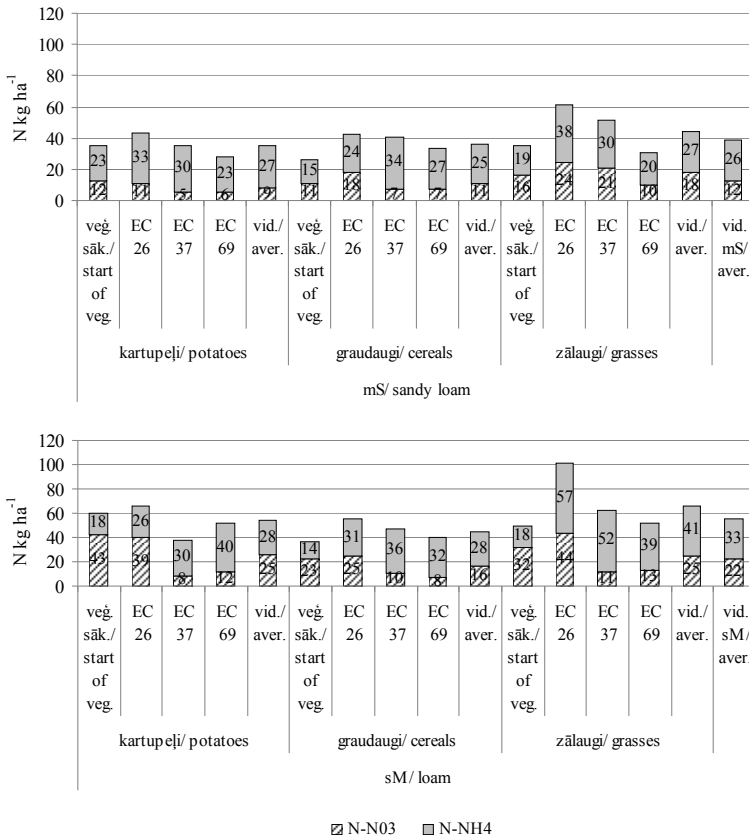
Graudu ražas kvalitātes rādītāju izvērtēšanai lietota divfaktoru dispersijas analīze. Kopproteīna satura izmaiņas graudos atkarībā no slāpekļa mēslojuma normas un to datu interpretācija veikta ar lineārās regresijas analīzes palīdzību, lietojumprogrammā MS Excel.

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

# REZULTĀTI

## Minerālais slāpeklis augsnē augu veģetācijas periodā

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 (Sig. = 0.015) mainījās vasaras kviešu veģetācijas laikā un tā ietekmes īpatsvars bija 34.7 % jeb  $\eta^2 = 0.347$  (1. att.). Datu matemātiskā analīze nepierādīja šo faktoru savstarpējās mijiedarbības esamību (Sig. = 0.426).



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

*Fig. 1 Spring wheat suply of N in soil layer 0 – 20 cm, in average, 2000 – 2001.*

Izvērtējot minerālā slāpekļa ( $N_{\min}$ ) nodrošinājumu pēc dažādiem priekšaugiem kontroles variantā bez slāpekļa mēslojuma konstatēts, ka mazākais slāpekļa krājums augsnē bija pēc graudaugiem – vidēji  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ . Salīdzinoši labs slāpekļa nodrošinājums vasaras kviešu veģetācijas laikā bija pēc kartupeļiem – vidēji  $44 \text{ kg ha}^{-1}$ , bet lielākais slāpekļa krājums augsnē bija pēc zālaugiem – vidēji  $47 \text{ kg ha}^{-1}$ . Veģetācijas perioda sākumā salīdzinoši augsts minerālā slāpekļa saturs tika novērots lauciņos, kuri tika iekārtoti pēc kartupeļiem, kur arī tika iegūtas lielākās graudu ražas.

Vērtējot augsnes granulometriskā sastāva ietekmi uz slāpekļa nodrošinājumu, jāatzīst, ka smilšmāla augsnē bija par  $17 \text{ kg ha}^{-1}$  lielāks slāpekļa krājums nekā mālsmits augsnē. Veģetācijas perioda gaitā vieglākā augsnē augsnes minerālais slāpekļis pārvietojās uz dziļākajiem augsnes slāņiem.

Labākais vasaras kviešu nodrošinājums ar minerālo slāpekli bija smilšmāla augsnē variantā pēc zālaugiem. Veģetācijas perioda sākumā augsnes slānī  $0 - 20 \text{ cm}$  bija  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  slāpekļa. Vasaras kviešu cerošanas laikā minerālā slāpekļa saturs palielinājās līdz  $101 \text{ kg ha}^{-1}$ , kas bija augstākais visā izmēģinājumā. Samazināts  $N_{\min}$  saturs veģetācijas perioda beigās veidojās kviešos pēc graudaugiem – vidēji  $37 \text{ kg ha}^{-1}$ , kur iepriekšējā gadā iestrādātie salmi sadaloties imobilizēja slāpekli. Palielināts vides piesārņojuma risks veģetācijas perioda beigās veidojās lauciņos, kur kvieši tika audzēti pēc kartupeļiem, jo tur tika konstatēts lielākais  $N_{\min}$  atlikums augsnē.

### **Slāpekļa savienojumu dinamika augos veģetācijas periodā**

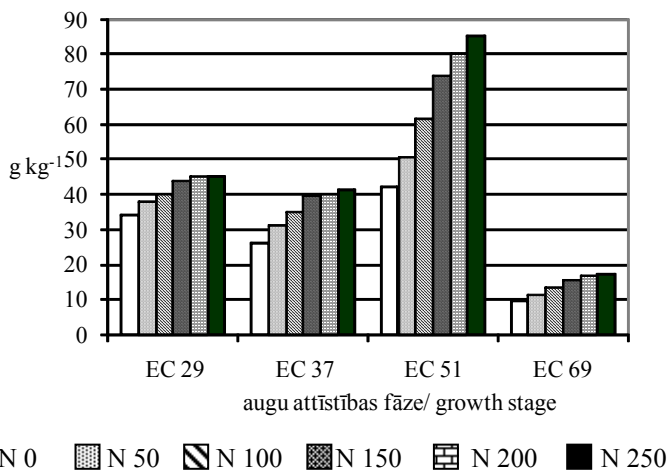
Lai noskaidrotu slāpekļa mēslojuma pieaugošu normu ietekmi uz kopslāpekļa saturu vasaras kviešos, augu veģetācijas laikā slāpekļa satura noteikšanai sausnā tika ņemti augu zaļās masas paraugi no visiem variantiem.

Slāpekļa mēslojums palielināja kopslāpekļa saturu vasaras kviešu zaļmasā vidēji par  $2 - 43 \text{ g kg}^{-1}$  sausnas (2. att.). Lielākais slāpekļa satura palielinājums bija vasaras kviešos vārpošanas stadijā (EC 51) variantā, kur iestrādāta  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  liela slāpekļa mēslojuma norma. Mazākais kopslāpekļa satura pieaugums augos slāpekļa mēslojuma ietekmē bija vasaras kviešu cerošanas laikā un pēc ziedēšanas. Vasaras kviešu cerošanas fāzē (EC 29), slāpekļa mēslojuma normu palielinot no  $50$  līdz  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ , kopslāpekļa saturs augos pieauga no  $34$  līdz  $44 \text{ g kg}^{-1}$  N, bet turpmākās slāpekļa mēslojuma palielināšanas rezultātā slāpekļa saturs kviešos praktiski nemainījās un bija  $45 \text{ g kg}^{-1}$  sausnas. Pētījumu rezultāti rāda, ka optimālais slāpekļa saturs kviešos augos cerošanas fāzē –  $55 - 60 \text{ g kg}^{-1}$  sausnes<sup>6</sup> netika sasniegts nevienā izmēģinājumu variantā. Variantos, kur slāpekļa mēslojums bija no  $0$  līdz  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  N, vasaras kviešu stiebrošanas fāzē (EC 37) slāpekļa saturs

---

<sup>6</sup> Riņķis G., Ramane H. (1989) *Kā barojas augi*. Rīga: Avots. 148 lpp.

palielinājās no 26 līdz 42 g kg<sup>-1</sup>. Tālāka slāpekļa mēslojuma normas palielināšana slāpekļa saturu vasaras kviešos nemainīja.



2. att. Kopslāpekļa saturs augu saussnā pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē (vid. 1999.- 2001. gados)

*Fig. 2 Nitrogen content in dry matter under increasing nitrogen fertilizer rates (in average, 1999 - 2001)*

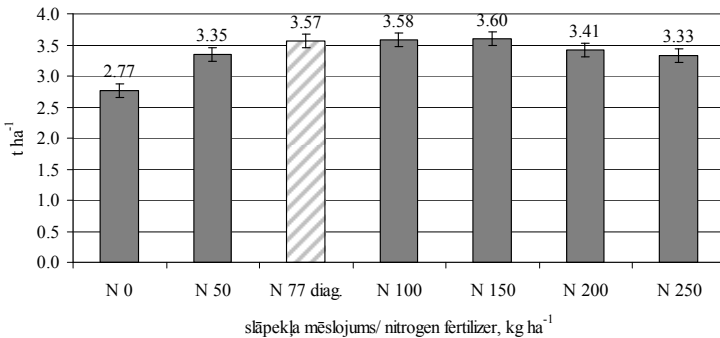
Lielākā slāpekļa mēslojuma ietekme uz slāpekļa saturu vasaras kviešu augos bija to vārpošanas laikā. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu ik pa 50 kg ha<sup>-1</sup> N, kopslāpekļa saturs augos palielinājās vidēji par 5 – 12 g kg<sup>-1</sup> sausas, un pie 250 kg ha<sup>-1</sup> N kopslāpekļa saturs sasniedza 85 g kg<sup>-1</sup> sausas. Pēc vasaras kviešu ziedēšanas, kopslāpekļa saturs augos bija zemākais un slāpekļa mēslojuma rezultātā pieauga tikai nedaudz. Šajā vasaras kviešu attīstības fāzē slāpekļa mēslojuma normas palielinājums par 50 kg ha<sup>-1</sup> slāpekļa saturu kviešos palielināja tikai par 1 – 3 g kg<sup>-1</sup> sausas. Variantos ar slāpekļa mēslojumu 200 un 250 kg ha<sup>-1</sup> N kopslāpekļa saturs augu saussnā vidēji bija 17 g kg<sup>-1</sup> N.

Slāpekļa mēslojuma ietekme uz kopslāpekļa saturu bija atkarīga no augu paraugu noņemšanas 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 neliela un kviešu veģetācija otrajā pusē un īpaši beigās tā praktiski netika novērota.

## Vasaras kviešu graudu raža

Daudzfaktoru (4) dispersijas analīze parādīja, 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. Būtiskas graudu ražas svārstības 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 – priekšaug – gads un priekšaug – augsne – gads savstarpēju mijiedarbības būtisko nozīmi graudu ražas līmeņa nodrošināšanā triju gadu laikā (Sig. 0.000<0.05).

Lai noteiktu slāpekļa mēslojuma ietekmi uz vasaras kviešu graudu ražu, tika noskaidrota vidējā raža atsevišķiem slāpekļa variantiem pēc visiem priekšaugiem un visās augsnēs. Kontroles variantā (bez slāpekļa mēslojuma) vidējā vasaras kviešu graudu raža bija 2.77 t ha<sup>-1</sup>. Variantā ar slāpekļa mēslojuma normu 50 kg ha<sup>-1</sup> vasaras kviešu raža bija 3.35 t ha<sup>-1</sup>, kas izrādījās par 0.58 t ha<sup>-1</sup> vairāk graudu nekā variantā bez slāpekļa mēslojuma lietošanas, un tas bija būtisks graudu ražas pieaugums ( $RS_{0.05} = 0.382$  t ha<sup>-1</sup>). Iestrādājot 100 kg ha<sup>-1</sup> slāpekļa, graudu raža bija 3.58 t ha<sup>-1</sup>. Tas bija par 0.81 t ha<sup>-1</sup> vairāk nekā kontroles variantā, taču salīdzinājumā ar iepriekšējo normu 50 kg ha<sup>-1</sup> N graudu ražas pieaugums 0.23 t ha<sup>-1</sup> vairs nebija būtisks, jo nepārsniedza kritisko robežstarpību  $RS_{0.05} = 0.382$  t ha<sup>-1</sup>. Neliels graudu ražas pieaugums bija palielinot slāpekļa normu no 100 kg ha<sup>-1</sup> līdz 150 kg ha<sup>-1</sup> N – tikai 0.02 t ha<sup>-1</sup>.



3. att. Vasaras kviešu graudu ražas pieaugoša slāpekļa mēslojuma ietekmē, vidēji 1999. – 2001. gadā.

Fig. 3 The yields of spring wheat under increasing nitrogen fertilizer rates, in average, 1999 – 2001

$$RS_{0.05} / LSD_{0.05} = 0.382 \text{ t ha}^{-1}$$

Slāpekļa normas palielināšana virs 150 kg ha<sup>-1</sup> N nedeva būtisku graudu ražas pieaugumu. Variantos ar slāpekļa mēslojumu 200 un 250 kg ha<sup>-1</sup> N vasaras kviešu raža bija pat attiecīgi par 0.24 un 0.27 t ha<sup>-1</sup> (P = 0.003 < 0.05) mazāka nekā audzējot tos 150 kg ha<sup>-1</sup> N lielas slāpekļa mēslojuma normas ietekmē (3. att.). Ražas samazināšanos varētu izskaidrot ar vasaras kviešu veldres palielināšanos, lietojot lielākās slāpekļa mēslojuma normas, kas atsevišķos gados sasniedza 5 – 4 balles (60 – 80 % no lauciņu platības). Samērā zemo izmēģinājumos iegūto graudu ražu (3.57 – 3.60 t ha<sup>-1</sup>) var izskaidrot ar nelabvēlīgajiem agrometeoroloģiskajiem apstākļiem, kas ietekmēja to, ka slāpekļa saturs kviešu augos nevienā variantā nerasniedza optimālo.

Diagnostikas variantā katram izmēģinājumu variantam slāpekļa norma tika precizēta pēc augu nodrošinājuma ar slāpekli cerošanas fāzes beigās ar nitrātu satura ekspresdiagnostikas metodi augu stiebrās. Vidējā slāpekļa mēslojuma norma šajā variantā bija 77 kg ha<sup>-1</sup> (3. att.). Lietojot šādu slāpekļa mēslojumu tika iegūtas vidēji 3.57 t ha<sup>-1</sup> vasaras kviešu graudu, kas bija tikai par 0.01 t ha<sup>-1</sup> mazāk nekā variantā ar 100 kg ha<sup>-1</sup> lielu slāpekļa normu, pie tam ietaupītais slāpekļa mēslojums bija 23 kg ha<sup>-1</sup> tūrvielas.

Variantos ar slāpekļa mēslojumu 50 un 100 kg ha<sup>-1</sup> N un diagnostikas variantā veldres praktiski nebija (vidēji 9 balles), bet variantā ar 150 kg ha<sup>-1</sup> lielu slāpekļa mēslojumu veldre bija tikai no 9 līdz 7 ballēm. Vasaras kviešu lielākā veldre novērota pēc zālaugiem mālsmilts augsnē 250 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa mēslojuma variantā, kur vidēji trijos gados veldre sasniedza 4 balles. Bet mazāk vasaras kvieši veldrējās pēc graudaugiem, maksimumu – 6 balles sasniedzot smilšmāla augsnē pie 250 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa mēslojuma. Vasaras kviešu veldrēšanās izmēģinājumos tika konstatēta galvenokārt augu piengatavības fāzē pēc stipra lietūs un brāzmaina vēja.

Triju gadu laikā variantā bez slāpekļa mēslojuma mālsmilts augsnē iegūts vidēji par 0.27 t ha<sup>-1</sup> graudu vairāk kā smilšmāla augsnē. 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<sup>-1</sup> un 100 kg ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> un 0.38 t ha<sup>-1</sup> vairāk graudu nekā smilšmāla augsnē (RS<sub>0.05</sub> = 0.152 t ha<sup>-1</sup>).

Atsevišķu priekšaugu ietekme uz vasaras kviešu ražu uzskatāmāk bija novērtējama variantā bez slāpekļa mēslojuma (2. tab.). Šajā variantā visvairāk – 3.15 t ha<sup>-1</sup> graudu vidēji abās augsnēs iegūts pēc kartupeļiem, kur graudu raža bija par 0.45 t ha<sup>-1</sup> lielāka nekā pēc zālaugiem un par 0.70 t ha<sup>-1</sup> lielāka nekā pēc graudaugiem. Variantā bez slāpekļa mēslojuma priekšaugi zālaugi bija labāks par graudaugiem, kur vidēji abās augsnēs pēc graudaugiem veidojās par 0.25 t ha<sup>-1</sup> graudu mazāk, un tā bija būtiska atšķirība pie RS<sub>0.05</sub> = 0.216 t ha<sup>-1</sup>.



Variantos bez slāpekļa mēslojuma labākais vasaras kviešu priekšaugšs izrādījās kartupeļi, novirzot otrajā vietā zālaugus, bet atkārtota graudaugu audzēšana deva mazāko ražu (4. att.).

2. tabula/Table 2

**Vasaras kviešu graudu ražas, vidēji 1999. – 2001. gadā, t ha<sup>-1</sup>**  
*The yield of spring wheat, in average, 1999 – 2001, t ha<sup>-1</sup>*

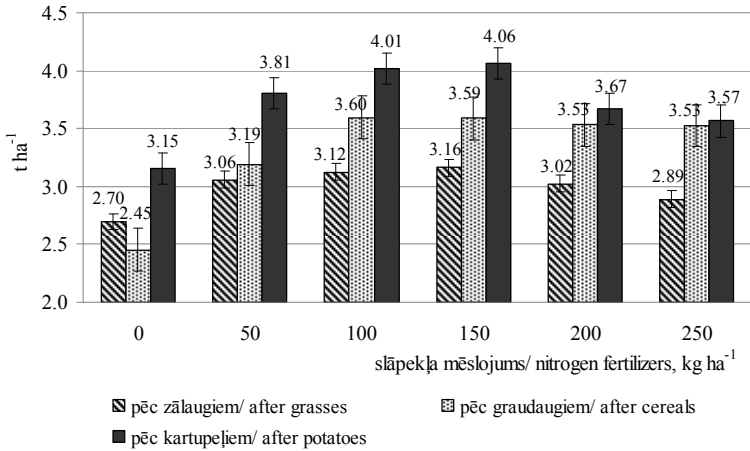
Slāpekļa mēslojums/ Nitrogen fertilizer, kg ha <sup>-1</sup>	Pēc zālaugiem/ After grasses		Pēc graudaugiem/ After cereals		Pēc kartupeļiem/ After potatoes		Vidēji/ Average
	mS/ sandy loam	sM/ loam	mS/ sandy loam	sM/ loam	mS/ sandy loam	sM/ loam	
N 0	2.63	2.76	2.67	2.23	3.40	2.91	2.77
N 50	3.07	3.04	3.48	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/ Average	2.97	3.08	3.65	3.04	3.99	3.51	3.37

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

*Between precrop grasses and cereals  $LSD_{0.05} = 0.216 \text{ t ha}^{-1}$ , between precrop potatoes and cereals, between grasses and potatoes  $LSD_{0.05} = 0.226 \text{ t ha}^{-1}$ , separately diff.  $LSD_{0.05} = 0.54 \text{ t ha}^{-1}$ .*

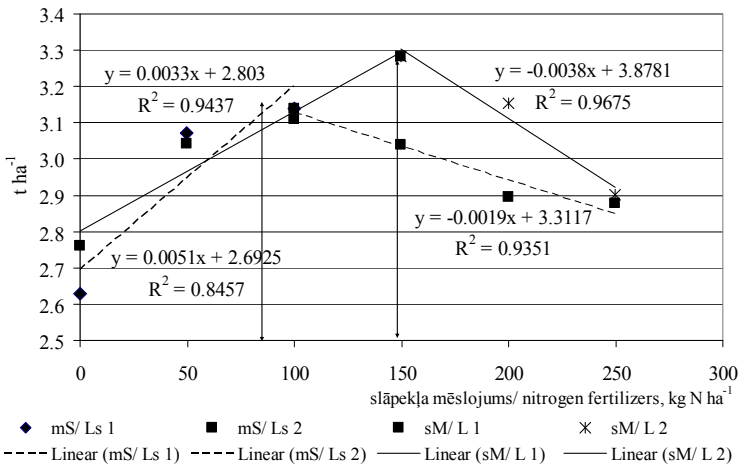
Savukārt visos variantos ar slāpekļa mēslojumu, augstākās ražas tika iegūtas audzējot vasaras kviešus pēc kartupeļiem, bet otrajā vietā izvirzījās varianti ar priekšaugu – graudaugi, atstājot pēdējā vietā zālaugus. Priekšauga – zālaugi salīdzinoši vājo efektivitāti izmēģinājumos var izskaidrot ar to, ka dodot pieaugošas slāpekļa mēslojuma normas, relatīvi zūd zālaugu uzkrātā slāpekļa nozīme.

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



4. att. Vasaras kviešu raža priekšaugu ietekmē, t ha<sup>-1</sup> (vid. 1999. – 2001. g.).  
 Fig. 4 The yield of spring wheat after different pre-crops, in average, 1999 – 2001.

Māslmīlts augsnē pēc zālaugiem palielinot slāpekļa mēslojumu par 10 kg ha<sup>-1</sup> N graudu ražas pieaugums bija 0.51 t ha<sup>-1</sup>,  $b_{yx} = 0.0051$  t ha<sup>-1</sup> (5. att.).



5. att. Lineārās sakarības vasaras kviešu graudu raža pēc zālaugiem vid. 1999.- 2001. gados, t ha<sup>-1</sup>.  
 Fig. 5 The linear regression of spring wheat yield after grasses, in average, 1999.- 2001. t ha<sup>-1</sup>.

Graudu ražas pieauguma lūzuma punkts mālsmilts augsnē noteikts pie 88 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa mēslojuma, sasniedzot maksimālo graudu ražu 3.14 t ha<sup>-1</sup>. Smilšmāla augsnē vasaras kviešu graudu ražas pieauguma lūzuma punkts konstatēts pie 151 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa mēslojuma (3.30 t ha<sup>-1</sup>), pēc kura sekoja straujš graudu ražas samazinājums  $b_{yx} = -0.0038$  t ha<sup>-1</sup>. Lielāks māla daļiņu saturs augsnē zālaugu priekšauga ietekmē nodrošināja iespēju iegūt vairāk graudu un izmantot vairāk slāpekļa mēslojuma (5. att.).

Analogi aprēķini parādīja, ka priekšaugu graudaugi un mālsmilts augsne, mijiedarbojoties ar slāpekļa mēslojuma normu līdz 150 kg ha<sup>-1</sup> veidoja nosacījumus vasaras kviešu ražas pieaugumam līdzīgi kā smilšmāla augsne mijiedarbojoties ar priekšaugu graudaugi un slāpekļa mēslojuma normu līdz 100 kg ha<sup>-1</sup> N. Vasaras kviešu graudu ražas pieauguma lūzuma punkts mālsmilts augsnē konstatēts pie 135 kg ha<sup>-1</sup> N liela slāpekļa mēslojuma, bet smilšmāla augsnē graudu raža sāka samazināties jau pie 96 kg ha<sup>-1</sup> N.

Smilšmāla augsne graudaugu kā priekšauga ietekmē samazināja maksimālo vasaras kviešu graudu ražu, kā arī samazināja slāpekļa mēslojuma patēriņu.

Priekšaugu kartupeļi un slāpekļa mēslojuma norma līdz 100 kg ha<sup>-1</sup> N mijiedarbojoties ar mālsmilts augsni palielināja vasaras kviešu ražu straujāk nekā priekšaugam – kartupeļi savstarpēji iedarbojoties ar smilšmāla augsni. Smilšmāla augsnes un kartupeļu kā priekšauga mijiedarbības rezultātā vasaras kviešu raža palielinājās līdz 150 kg ha<sup>-1</sup> slāpekļa mēslojuma normai. Taču lineārās regresijas taisņu analīzes rezultāti rāda, ka graudu ražas pieauguma lūzuma punkts mālsmilts augsnē konstatēts pie 99 kg ha<sup>-1</sup> N liela slāpekļa mēslojuma, bet smilšmāla augsnē graudu raža sāka samazināties pie 145 kg ha<sup>-1</sup> N. Smilšmāla augsne kartupeļu kā priekšauga ietekmē samazināja maksimālo vasaras kviešu graudu ražu ar lielāku slāpekļa mēslojuma patēriņu nekā mālsmilts augsnē.

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

### **Aprēķinātās ekonomiski optimālās slāpekļa mēslojuma normas**

Pēc izmēģinājumos iegūtajām graudu ražām tika sastādīti polinoma regresijas vienādojumi, ar kuru palīdzību izrēķinātas ekonomiski optimālās slāpekļa mēslojuma normas.

Dažādu priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekmē aprēķinātā optimālā slāpekļa mēslojuma norma triju gadu lauka izmēģinājumos svārstījās robežās no 61 līdz 136 kg ha<sup>-1</sup> N. Šādas svārstības var būtiski ietekmēt ne tikai ekonomisko, bet arī ekoloģisko situāciju praktiski jebkurā

saimniecībā. Nevajadzīgi lietoti 75 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa var būtiski negatīvi mainīt apkārtējās vides dabīgo slāpekļa bilanci.

Lielākā graudu raža aprēķinātā optimālā slāpekļa mēslojuma 92 kg ha<sup>-1</sup> N fonā iegūta, audzējot kviešus pēc kartupeļiem – vidēji 4.01 t ha<sup>-1</sup>.

Vairāk slāpekļa mēslojuma (vidēji 133 kg ha<sup>-1</sup> N abās augsnēs) vasaras kviešu optimālās graudu ražas (vidēji 3.63 t ha<sup>-1</sup>) sasniegšanai tika patērēts variantā pēc graudaugiem.

Vasaras kviešiem vismazāk slāpekļa mēslojums bija nepieciešams zālaugu priekšauga variantā, kad optimālais slāpekļa mēslojums vidēji divās augsnēs trīs gadu laikā bija 68 kg ha<sup>-1</sup> N, kura ietekmē veidojās 3.10 t ha<sup>-1</sup> graudu.

Vērtējot iegūtos bruto ieņēmumus, var teikt, ka vasaras kviešu audzēšanai ekonomiski izdevīgākais priekšaugšs bija kartupeļi, kur bruto ieņēmumi sastādīja vidēji 561 Ls ha<sup>-1</sup> (3. tab.). Mazāks ekonomiskais ieguvums no vasaras kviešu audzēšanas konstatēts variantos, kur par priekšaugiem bija graudaugi vai zālaugi.

3. tabula/ Table 3

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

*Optimal parameters of spring wheat cultivation under different conditions*

Priekšaugš/ Pre-crop	Augsne/ Soil	N <sub>opt.</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	Raža pie/ Yield at N <sub>opt.</sub> , t ha <sup>-1</sup>	Ieņēmumi pie/ Incomes at N <sub>opt.</sub> , Ls ha <sup>-1</sup>	Izdevumi slāpeklim/ Expenses of nitrogen, Ls ha <sup>-1</sup>	Brutto ieņēmumi/ Income brutto, Ls ha <sup>-1</sup>
Graudaugi/ Cereals	mS/ sandy loam	136	4.02	603	60	543
	sM/ loam	130	3.24	486	57	429
	vidēji/ average	133	3.63	544	59	495
Kartupeļi/ Potatoes	mS/ sandy loam	80	4.25	637	35	602
	sM/ loam	104	3.77	565	46	529
	vidēji/ average	92	4.01	601	40	561
Zālaugi/ Grass	mS/ sandy loam	61	3.12	468	27	439
	sM/ loam	75	3.08	462	33	429
	vidēji/ average	68	3.10	465	30	435
Vidēji/ Average	mS/ sandy loam	92	3.80	569	41	528
	sM/ loam	103	3.36	504	45	462

Variantos, kur kvieši tika audzēti pēc kartupeļiem, izdevumi par slāpekļa mēslojumu bija vidēji 40 Ls ha<sup>-1</sup>, kas ir par 19 Ls ha<sup>-1</sup> mazāk nekā vasaras kviešus audzējot pēc graudaugiem, taču par 20 Ls vairāk nekā audzējot pēc zālaugiem.

Slāpekļa mēslojuma aprēķinātā optimālā norma vidēji mālsmilts augsnē – 92 kg ha<sup>-1</sup> N, apvienojot priekšaugu variantus, bija būtiski mazāka (par 11 kg ha<sup>-1</sup> N) nekā smilšmāla augsnē aprēķinātā slāpekļa mēslojuma norma – 103 kg ha<sup>-1</sup> N. Augsnes granulometriskais sastāvs būtiski ietekmēja graudu ražu (3. tab.).

Piemēram, vasaras kviešiem pēc kartupeļiem mālsmilts augsnē pie optimāla slāpekļa mēslojuma 80 kg ha<sup>-1</sup> N iegūts 4.25 t ha<sup>-1</sup> graudu, slāpekļa mēslojumam izlietojot 35 Ls ha<sup>-1</sup>, bet kviešiem pēc kartupeļiem smilšmāla augsnē ekonomiski optimāla slāpekļa mēslojuma norma sastādīja 104 kg ha<sup>-1</sup> N un tika iegūts 3.77 t ha<sup>-1</sup> graudu ar kopējiem izdevumiem slāpekļa mēslojumam 46 Ls ha<sup>-1</sup>. Pēc viena un tā paša priekšauga graudu ražas starpība sasniedza 0.48 t ha<sup>-1</sup>, slāpekļa mēslojums atšķīrās par 24 kg ha<sup>-1</sup> N un izdevumi slāpekļa mēslojumam – par 11 Ls ha<sup>-1</sup>, pie slāpekļa cenas 0.44 Ls kg<sup>-1</sup> N (3. tab.).

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 pēc priekšauga un pēc augsnes granulometriskā sastāva, jo optimālā slāpekļa norma pēc graudaugiem bija 133 kg ha<sup>-1</sup> N, pēc kartupeļiem – 92 kg ha<sup>-1</sup>, pēc zālaugiem – 68 kg ha<sup>-1</sup> N, bet smilšmāla augsnē bija 103 kg ha<sup>-1</sup> N un mālsmilts augsnē – 92 kg ha<sup>-1</sup> N, kā arī, piemēram, variantā pēc kartupeļiem mālsmilts augsnē optimālā slāpekļa norma bija 80 kg ha<sup>-1</sup> N, bet smilšmālā – 104 kg ha<sup>-1</sup> N.

### Vasaras kviešu graudu kvalitāte

Lielākā ietekme uz graudu kvalitāti izmēģinājumos bija slāpekļa mēslojumam. Vasaras kviešu tūkstots graudu masu mazākās slāpekļa mēslojuma normas (50 un 100 kg ha<sup>-1</sup> N) salīdzinājumā ar variantu bez slāpekļa mēslojuma (kontroli) būtiski nemainīja, bet, palielinot slāpekļa mēslojumu no 150 līdz 250 kg ha<sup>-1</sup> N, tūkstots graudu masa būtiski samazinājās. Vērtējot priekšaugu ietekmi, jāatzīst, ka smilšmāla augsnē rupjākie graudi iegūti pēc zālaugiem, iestrādājot 100 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa, bet mālsmilts augsnē pēc graudaugiem, iestrādājot 50 un 100 kg ha<sup>-1</sup> N lielas slāpekļa normas.

Lipekļa saturs graudos izmēģinājumu variantos svārstījās vidēji no 23.0 % līdz 31.9 %. Nozīmīga ietekme uz lipekļa daudzumu kviešu graudos konstatēta slāpekļa mēslojumam ( $P_{mS} = 0.00034 < 0.05$  un  $P_{sM} = 0.00005 < 0.05$ ).

Mālsmilts augsnē 50 kg ha<sup>-1</sup> N liels slāpekļa mēslojums būtiski (vidēji par 1.4 %), palielināja lipekļa saturu graudos salīdzinājumā ar kontroli. Būtisks lipekļa satura pieaugums tika novērots arī, palielinot slāpekļa mēslojuma normu

no 50 līdz 100 kg ha<sup>-1</sup> N, kad lipekļa saturs vasaras kviešu graudos pieauga vidēji no 26.4 līdz 28.0 %, jeb par 1.6 % (RS<sub>0,05</sub>= 1.32 %).

Smilšmāla augsnē, salīdzinājumā ar kontroli, būtisks lipekļa satura pieaugums par 2.1 % novērots iestrādājot 100 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa mēslojuma. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu līdz 150 un 200 kg ha<sup>-1</sup> N, lipekļa saturs vidēji pieauga par 2.0 %, kas bija būtiski (RS<sub>0,05</sub>= 1.36 %).

Izmēģinājumu rezultāti rāda, ka vairumā gadījumu, lai, audzējot kviešus pēc zālaugiem vai kartupeļiem, iegūtu graudos ar lipekļa saturu virs 28 %, vasaras kviešiem mālsmilts augsnē jādod vismaz 100 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa mēslojums. Smilšmāla augsnē 100 kg ha<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> N. Savukārt mālsmilts augsnē atkārtotos vasaras kviešu sējumos 28 % lipekļa satura sasniegšanai jāiestrādā vismaz 200 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa.

Izmēģinājumu variantos krišanas skaitlis svārstījās robežās vidēji no 151 līdz 334 s. Mālsmilts augsnē audzētajiem vasaras kviešiem krišanas skaitlis vidēji bija mazāks – no 151 līdz 272 s, bet, audzējot vasaras kviešus smilšmāla augsnē, tas sasniedza 195 – 334 s. Slāpekļa mēslojums un tā normas palielināšana mālsmilts augsnē vasaras kviešu krišanas skaitli būtiski neietekmēja.

4. tabula/ Table 4

**Regresijas vienādojumi kopproteīna saturam graudos  
pie aprēķinātā opimāla N mēslojuma**

*Regression equations of crude protein content in spring wheat at calculated optimal N fertilizer rate*

Priekšaugš/ Precrop	Augsne/ Soil	Regresijas vienādojums/ Regression equation	Raža pie/ Yield at N <sub>opt.</sub> , t ha <sup>-1</sup>	N <sub>opt.</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	Kopproteīns pie/ Crude protein at N <sub>opt.</sub> , %
Graudaugi/ Cereals	mS/ sandy loam	y = 0.011x + 11.13	4.02	136	12.63
	sM/ loam	y = 0.012x + 12.66	3.24	130	14.22
Kartupeļi/ Potatoes	mS/ sandy loam	y = 0.014x + 10.35	4.25	80	11.47
	sM/ loam	y = 0.014x + 11.28	3.77	104	12.74
Zālaugi/ Grass	mS/ sandy loam	y = 0.013x + 11.70	3.12	61	12.49
	sM/ loam	y = 0.013x + 12.40	3.08	75	13.37

Variāntā bez slāpekļa mēslojuma kopproteīna saturs graudos bija 11.4 %. Slāpekļa mēslojuma normas 50 kg ha<sup>-1</sup> N ietekmē proteīna saturs graudos palielinājās līdz 12.3 %. Slāpekļa norma 100 kg ha<sup>-1</sup> N nodrošināja lielāko kopproteīna pieaugumu – vidēji par 0.8 – 0.9 %. Tālāka slāpekļa mēslojuma normas palielināšana no 100 kg ha<sup>-1</sup> N uz 150, 200 un 250 kg ha<sup>-1</sup> N gan nodrošināja lielāku kopproteīna saturu graudos – 14.7 % (250 kg ha<sup>-1</sup> N), taču proteīna satura pieaugums no atsevišķām lielajām normām nebija tik liels kā no mazajām slāpekļa mēslojuma normām – vidēji tikai 0.4 – 0.6 %. Izmēģinājumu rezultāti rāda, ka pārtikas kvalitātes prasībām atbilstošu graudu izaudzēšanai pamatā pietika ar 50 – 100 kg ha<sup>-1</sup> N lielu slāpekļa mēslojumu.

Kopproteīna saturu graudos vairāk ietekmēja dažādi priekšaugi. Savstarpēji salīdzinot kopproteīna satura rādītājus dažādās augsnēs, konstatēts, ka augsnes granulometriskais sastāvs tos ietekmēja tikai variantos bez slāpekļa mēslojuma. Smilšmāla augsnē kopproteīna saturs graudos bija vidēji par 0.8 – 1.3 % augstāks nekā mālsmilts augsnē..

Lai noteiktu pārtikas graudu kvalitātes prasībām atbilstoša kopproteīna satura sasniegšanai nepieciešamo slāpekļa mēslojumu, ar lineārās regresijas vienādojumu palīdzību (4. tab.) tika aprakstītas kopproteīna satura izmaiņas slāpekļa mēslojuma ietekmē visos izmēģinājumu augšņu un priekšaugu variantos. 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.

### **Slāpekļa efektivitāte un bilance**

Lai noteiktu slāpekļa mēslojuma efektivitāti, tika rēķināta slāpekļa iznese. Lielāko ietekmi uz slāpekļa iznesi atstāja slāpekļa minerālmēsli lietošana. Kontroles variantā (bez slāpekļa mēslojuma) slāpekļa iznese ar vasaras kviešu graudiem un salmiem bija mazākā – tikai 53 kg ha<sup>-1</sup> N. Lielākais slāpekļa izneses pieaugums, lietojot slāpekļa minerālmēslus, konstatēts mazākās slāpekļa mēslojuma normas – 50 kg ha<sup>-1</sup> N variantā, kad iznese pieauga no 53 kg ha<sup>-1</sup> līdz 72 kg ha<sup>-1</sup> N un tas bija būtiski vairāk ( $RS_{0.05N} = 5.6$  kg ha<sup>-1</sup> N). Iestrādājot slāpekļa mēslojuma normas 100 un 150 kg ha<sup>-1</sup> N, slāpekļa iznese ar ražu pieauga attiecīgi līdz 83 un 92 kg ha<sup>-1</sup> N, kas bija būtisks pieaugums pie kritiskās robežstarpības  $RS_{0.05N} = 5.6$  kg ha<sup>-1</sup> N. Palielinot slāpekļa mēslojuma normu līdz 200 un 250 kg ha<sup>-1</sup> N, izneses pieaugums vairāk nebija būtisks, kas liecina par to, ka slāpekļa minerālmēsli netika izmantoti paredzētiem mērķiem – graudu ražas un kvalitātes nodrošināšanai.

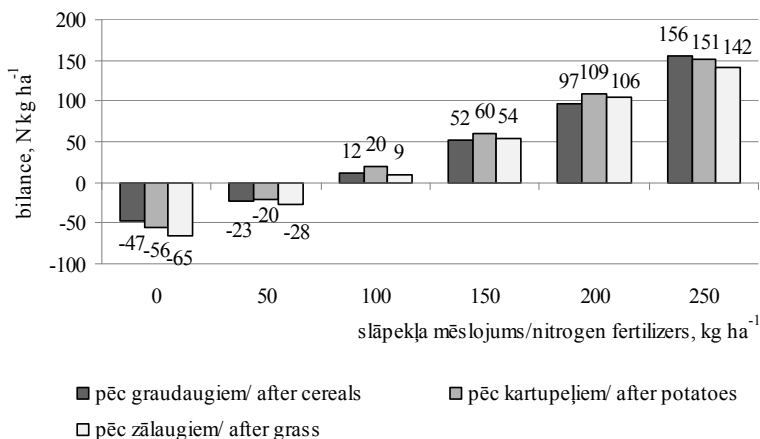
Analizējot slāpekļa izneses ar graudiem un salmiem, tika noskaidrota iestrādātā slāpekļa izmantošanās. Minerālā slāpekļa mēslojuma izmantošanās veido priekšstatu par lietoto minerālmēsli efektivitāti.

Viegla granulometriskā sastāva – mālsmilts augsnē vasaras kviešos slāpekļa mēslojuma izmantošanās svārstījās robežās no 17 līdz 51 %. Minerālmēslu slāpekļa lietderība praktiski visos variantos samazinājās līdz ar mēslojuma normas palielināšanu. Izņēmums bija variants pēc zālaugiem, kura ietekmē slāpekļa mēslojuma normas 50 un 100 kg ha<sup>-1</sup> variantos slāpekļa izmantošanās koeficienti bija vienādi, sasniedzot 32 %. Slāpekļa mēslojuma lielākā lietderība konstatēta lauciņos pēc graudaugiem, kuros vasaras kvieši ražas veidošanai patērēja vidēji 51 % no ar minerālmēsliem iedotā slāpekļa.

Smilšmāla augsnē vasaras kviešos slāpekļa mēslojuma izmantošanās svārstījās robežās no 13 līdz 64 %. Līdzīgi kā mālsmilts augsnē, arī smilšmālā vasaras kvieši minerālmēslu slāpekli izmantoja labāk lauciņos pēc graudaugiem, atkarībā no mēslojuma normas svārstoties no 19 līdz 64 %. Slāpekļa mēslojuma izmantošanās, palielinoties slāpekļa mēslojuma normai, pakāpeniski samazinājās, izņemot vasaras kviešos, kas tika audzēti pēc kartupeļiem, kad slāpekļa mēslojuma normas 50 kg ha<sup>-1</sup> N palielināšanas rezultātā uz 100 kg ha<sup>-1</sup> vai 150 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa izmantošanās nemainījās.

Minerālmēslu slāpekļa izmantošanās ir cieši saistīta ar slāpekļa bilanci vasaras kviešu lauciņos (6. un 7. att.). Balance 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 mikrobioloģiski procesi un laukaugu audzēšanas agrotehniskie pasākumi.

Vasaras kvieši variantā bez slāpekļa mēslojuma izmantoja slāpekli no augsnes rezervēm, tādejādi slāpekļa bilance bija negatīva.



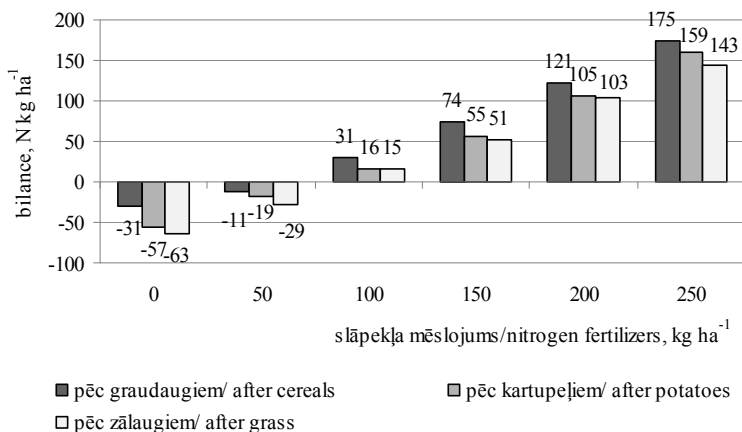
6. att. Slāpekļa bilance mālsmilts augsnē, N kg ha<sup>-1</sup>.

Fig. 6 Balance of nitrogen in sandy loam soil, N kg ha<sup>-1</sup>.



Varietā bez slāpekļa mēslojuma slāpeklis vairāk bija pieejams pēc zālaugiem, tāpēc arī negatīvā slāpekļa bilance šajā priekšauga variantā bija lielākā:  $-65 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  (6. att.). Mazāka vasaras kviešu raža, līdz ar to tai sekojoša mazāka slāpekļa N iznese mālsmilts augsnē pēc graudaugiem veidoja mazāk negatīvu bilanci variantā bez slāpekļa minerālmēslu iestrādes  $-47 \text{ kg ha}^{-1}$  (6. att.). Mālsmilts augsnē, lietojot nelielu slāpekļa mēslojumu –  $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , joprojām saglabājās negatīva slāpekļa bilance visos priekšaugu variantos un bija robežās no  $-20$  līdz  $-28 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Tikai lietojot  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  un vairāk slāpekļa mēslojumu, tika novērota pozitīva slāpekļa bilance.

Smilšmāla augsnē slāpekļa bilance vasaras kviešu sējumos mainījās līdzīgi kā mālsmilts augsnē. Pēc zālaugiem bija lielākā negatīvā slāpekļa bilance:  $-63 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  variantā bez slāpekļa mēslojuma un  $-29 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  variantā ar slāpekļa mēslojumu  $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  (7. att.). Smilšmāla augsnē graudaugu priekšauga ietekmē veidojās mazākā negatīvā bilance: variantā bez slāpekļa minerālmēslu iestrādes  $-31 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  un arī  $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  liela slāpekļa mēslojuma ietekmē tā bija tikai  $-11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ . Iestrādājot  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  un lielāku slāpekļa mēslojumu, smilšmāla augsnē tāpat kā mālsmilts augsnē slāpekļa bilance bija pozitīva (7. att.).



7. att. Slāpekļa bilance smilšmāla augsnē,  $\text{N kg ha}^{-1}$ .

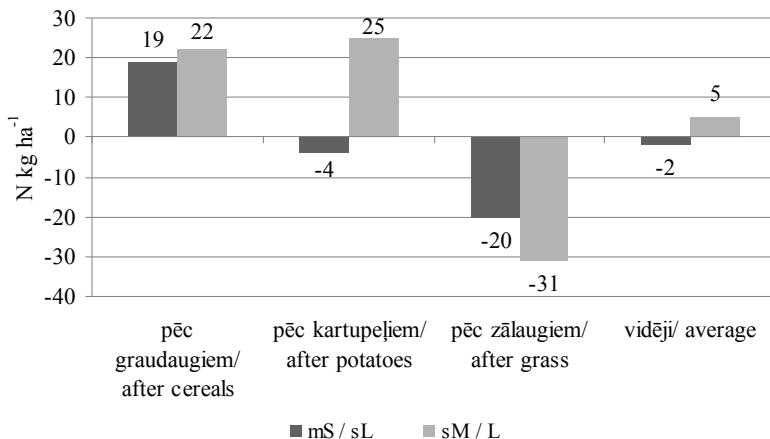
Fig. 7 Balance of nitrogen in loamy soil,  $\text{N kg ha}^{-1}$ .

Lietojot slāpekļa mēslojumu ar normu no  $150$  līdz  $250 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , ražas veidošanai netiek izmantota  $1/3$  līdz  $3/5$  no iestrādātā minerālmēslu slāpekļa, attiecīgi palielinot piesārņojuma risku, kas rodas lauksaimnieciskās darbības rezultātā.

Ar otrās pakāpes polinoma regresijas vienādojuma palīdzību tika noteikta iespējamā slāpekļa bilance pie teorētiski izrēķinātā ekonomiski optimālā

slāpekļa mēslojuma. Pēc graudaugiem slāpekļa bilance bija nedaudz pozitīva abās pētītajās augsnēs, smilšmāla augsnē veidojoties 22 kg ha<sup>-1</sup> N un mālsmilts augsnē 19 kg ha<sup>-1</sup> N. Lietojot optimālu slāpekļa mēslojuma normu variantos pēc kartupeļiem, mālsmilts augsnē veidojās viegli negatīva -4 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa bilance. Savukārt smilšmāla augsnē slāpekļa bilance bija stabili pozitīva, sastādot 25 kg ha<sup>-1</sup> N (8. att.).

Zālaugu ietekmē abās augsnēs prognozējama negatīva slāpekļa bilance, kas mālsmilts augsnē bija nedaudz mazāka -20 kg ha<sup>-1</sup> N un smilšmāla augsnē nedaudz lielāka, sastādot -31 kg ha<sup>-1</sup> N (8. att.).



8. att. Slāpekļa N bilance augsnē pie optimāla slāpekļa mēslojuma, N kg ha<sup>-1</sup>.  
*Fig. 8 Balance of N in soil at optimal rate of nitrogen fertilizers, N kg ha<sup>-1</sup>.*

Lietojot ekonomiski optimālo slāpekļa mēslojumu, dažādu priekšaugu un augšņu variantos vidēji tika iegūta slāpekļa bilance tuvu nullei: 2 kg ha<sup>-1</sup> N, kas praktiski nodrošina ar ražu iznesto slāpekļa daudzumu.

### 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.

Ar aprēķinu metodi noteiktā ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma norma (N opt.) praktiski visos izmēģinājumu variantos atšķīrās no ar ekspresmetodi noteiktā nepieciešamā slāpekļa daudzuma (N diag.). Diagnostikas variantā vidējā slāpekļa mēslojuma norma visos priekšaugu un augsņu variantos bija 71 – 80 kg ha<sup>-1</sup> N robežās, bet aprēķinos iegūtā ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma daudzums svārstījās daudz plašākā diapazonā: no 61 līdz 136 kg ha<sup>-1</sup> N (5. tab.). Variantos, kur vasaras kvieši tika audzēti pēc graudaugiem, ar difenilamīna metodi diagnosticētā slāpekļa mēslojuma norma bija par 50 – 58 kg ha<sup>-1</sup> N mazāka nekā teorētiski izrēķinātais optimālais slāpekļa mēslojums, bet graudu raža bija nedaudz mazāka (par 0.24 t ha<sup>-1</sup>) tikai mālsmilts augsnē. Par 28 kg ha<sup>-1</sup> N lielāks slāpekļa mēslojums teorētiski izrēķināts arī variantā, kur kvieši audzēti smilšmāla augsnē pēc kartupeļiem, bet iegūtās graudu ražas abos variantos bija praktiski vienādas.

5. tabula/ Table 5

**Slāpekļa mēslojuma optimizācijas variantu salīdzinājums,  
vid. 1999. – 2001. g.**

*Comparisson of different nitrogen fertilizer optimization methods,  
in average, 1999 - 2001*

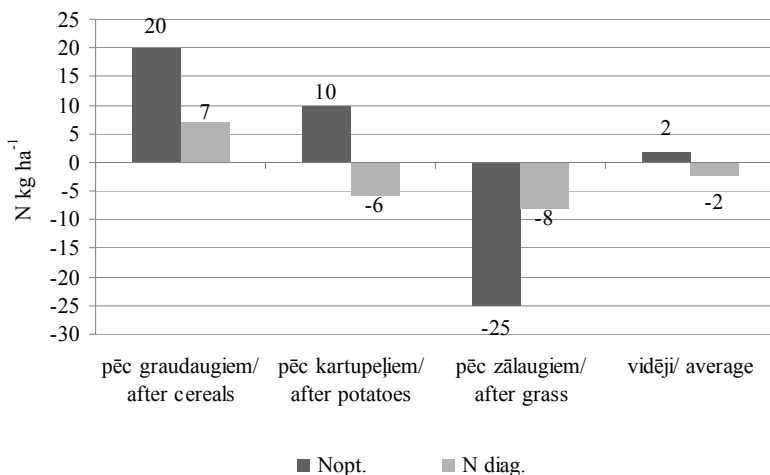
Augsne/ Soil	Priekšaugi/ Precrop	N opt., kg ha <sup>-1</sup>	N diag., kg ha <sup>-1</sup>	Raža pie/ Yield at N <sub>opt.</sub> , t ha <sup>-1</sup>	Raža pie/ Yield at N <sub>diag.</sub> , t ha <sup>-1</sup>
mS/ Sandy loam	graudaugi/ cereals	136	78	4.02	3.78
	kartupeļi/ potatoes	80	80	4.25	4.14
	zālaugi/ grass	61	78	3.12	3.14
sM/ Loam	graudaugi/ cereals	130	80	3.24	3.27
	kartupeļi/ potatoes	104	76	3.77	3.78
	zālaugi/ grass	75	71	3.08	3.31
Vidēji/ Average		98	77	3.58	3.57

Savukārt, audzējot vasaras kviešus pēc zālaugiem, nitrātu diagnostikas variantā slāpekļa mēslojums bija jālieto par 17 kg ha<sup>-1</sup> N vairāk nekā paredzēja aprēķinos iegūtā ekonomiski optimālā slāpekļa norma, pie kam graudu raža pie ekonomiski optimālā slāpekļa mēslojuma bija par 0.02 līdz 0.23 t ha<sup>-1</sup> mazāka.

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<sup>-1</sup> N un vidējā vasaras kviešu graudu raža sastādīja 3.57 t ha<sup>-1</sup>. Aprēķinātā ekonomiski optimālās slāpekļa mēslojuma norma bija 98 kg ha<sup>-1</sup> N un vidējā iegūtā graudu raža bija 3.58 t ha<sup>-1</sup>.

Izmēģinājumos pārbaudīto slāpekļa mēslojuma optimizācijas metožu lietošanas rezultātā tika iegūtas vienādas vidējās graudu ražas, bet nitrātu diagnostikas variantā bija nepieciešams lietot par 21 kg ha<sup>-1</sup> N slāpekļa mēslojuma mazāk nekā aprēķinātā ekonomiskā optimuma variantā.

Abām salīdzinātajām slāpekļa mēslojuma optimizācijas metodēm slāpekļa bilance vidēji bija tuvu neitrālai -2 un 2 kg ha<sup>-1</sup> (9. att.). Tas nozīmē, ka vidēji visos izmēģinājumu variantos abas salīdzinātās metodes precīzi nodrošināja nepieciešamo slāpekļa daudzumu vasaras kviešiem.



9. att. Slāpekļa bilance dažādām slāpekļa optimizācijas metodēm, kg ha<sup>-1</sup> N.  
*Fig. 9 Balance of nitrogen at different nitrogen optimization methods, kg ha<sup>-1</sup>.*

Salīdzinot slāpekļa optimizācijas metodes atsevišķos priekšaugu variantos, redzams, ka slāpekļa bilance ievērojami atšķirās. Bilances novirzes no nulles bija lielākas aprēķinātā optimālā slāpekļa mēslojuma variantos gan pozitīvā, gan negatīvā virzienā (9. att.). Ar slāpekļa mēslojuma diagnostikas metodi noteiktā slāpekļa mēslojuma norma nodrošināja nelielas slāpekļa bilances svārstības, un tā bija tuvu nullei.

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.

## SECINĀJUMI

1. Vasaras kviešu priekšaugi būtiski ietekmē slāpekļa daudzumu augsnē: lielāko slāpekļa krājumu aramkārtā atstāj zālaugi, vidēji  $47 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  20 cm slānī, bet mazāko – graudaugi: vidēji  $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  20 cm slānī.
2. Smilšmāla augsnē slāpekļa krājums aramkārtā ir vidēji par  $17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  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  $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  palielina graudu ražu salīdzinājumā ar variantu bez slāpekļa mēslojuma - attiecīgi par 0.58, 0.81 0.83 t  $\text{ha}^{-1}$  graudu, bet tālāka slāpekļa normas palielināšana neizraisīja būtisku graudu ražas pieaugumu.
5. Vasaras kviešu ražas lielumu ietekmē priekšaugi: lielākā graudu raža iegūta, audzējot tos pēc kartupeļiem – par 0.4 – 0.7 t  $\text{ha}^{-1}$  vairāk nekā audzējot kviešus pēc graudaugiem un zālaugiem.
6. Vasaras kviešu audzēšanai piemērotāka izrādījās mālsmilts augsne, kur iegūta par 0.27 – 0.40 t  $\text{ha}^{-1}$  lielāka graudu raža nekā smilšmāla augsnē.
7. Koproteīna un lipekļa saturs palielinās līdz ar slāpekļa mēslojuma normas pieaugumu, bet tūkstots graudu masa un graudu tilpummasa samazinās. Krišanas skaitli 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  $136 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , pēc kartupeļiem –  $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  un pēc zālaugiem  $61 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , savukārt smilšmāla augsnē optimālā slāpekļa mēslojuma norma pēc graudaugiem ir  $130 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , pēc kartupeļiem –  $104 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  un pēc zālaugiem pietiek  $75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  slāpekļa, kas nodrošina kvalitatīvu graudu ražas ieguvu.
9. Lietojot aprēķināto ekonomiski optimālo slāpekļa mēslojumu, dažādu priekšaugu un augsņu variantos vidēji tika iegūta pozitīva slāpekļa bilance:  $2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , bet, izmantojot slāpekļa diagnostikas metodi, tika iegūta negatīva slāpekļa bilance:  $-2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , kas praktiski nodrošināja 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.

# INTRODUCTION

Nitrogen fertilizer optimization is a complex process, because it is influenced by many biotic and abiotic factors. Nitrogen fertilizer optimization schemes, elaborated in other countries, are not perfectly applicable due to different agroclimatic conditions in Latvia, and they must be checked and adjusted. Farmers are interested in assessment schemes for nitrogen rate that have a high level of credibility, are simple and whose use could ensure the following:

- rational use of nitrogen fertilizer;
- maximum economically profitable yield;
- yield quality;
- minimal risk for environment.

The arable land in Latvia has a big variety of soil features. It has been originated both during soil formation, and as a result of antropogenic influence. As a rule, part of farmers for fertilization of field crops use one fertilizer rate for the whole field, therefore, for economical and ecological reasons this should be prevented. Most frequently nitrogen fertilizer rates are determined on the basis of average field crop productivity of the farm, hence it is clear that either in apart of fields the potential of crop yield is not completely used because the fertilizer rates applied are insufficient, or overapplication of nitrogen fertilizer causes waste pollution. Therefore, differential fertilization of crop fields in future will have a great significance.

Assessment of nitrogen fertilizer application rates is more complicated problem than it may seem at the first sight, and rises a range of obscure questions when is dealt closer. Optimal nitrogen fertilizer rate has to be developed through several interconnected and variable processes. Especially it refers to such nitrogen-sensitive crop as spring wheat.

Before we began to carry out our researches on this matter, mostly an optimal nitrogen fertilizer rate in Latvia, was determined by considering amount of nitrogen taken out by the planned yield, organic matter content within the soil, the used organic manure, and other factors.<sup>1</sup>

In the EU countries, apply precisely elaborated nitrogen fertilizer rate norms considering the crop field growing conditions for several years now. In Latvia differentiation of nitrogen fertilizer rates considering pre-crops and grading composition of soil is a topical issue. Within former researches there was not paid sufficient attention to calculation of optimal nitrogen rate considering pre-crop and grading composition of soil. Topicality of the problem has been confirmed also by publications pointing out that within sandy loam soil and loam soil, especially if they are well cultivated and under identic conditions (pre-crop, use of organic manure etc.), mineral nitrogen store within

---

<sup>1</sup> *Labas lauksaimniecības prakses nosacījumi* (1999). Atb. par izd. P. Bušmanis Latvijā. Latvijas Lauksaimniecības Universitāte. Jelgava: SIA "Jelgavas tipogrāfija", 103 lpp.

the soil usually is remarkably higher than within sand soil and sandy loam soil. Therefore, to ensure similar level crop yields, heavy texture soils require less nitrogen fertilizer than light soils.<sup>2</sup>

Up to this time this issue in Latvia was not studied using integrated approach. Researches were carried out to determine impact of fertilizing and spring wheat sowing rates and varieties<sup>3</sup>; or pre-crop and texture of soil<sup>4</sup>, or level of fertilizing and cultivation of soil<sup>5</sup> on crop productivity and/or crop quality. In many countries calculation of optimal nitrogen fertilizer application rates are performed by variable application rate control software. Determination of differential nitrogen fertilizer application rates considering various environmental factors present in Latvia becomes more and more a topical issue. Considering all this, there was formulated research **hypothesis**: optimal nitrogen rate for spring wheat depends on pre-crop, grading composition of soil, and their interaction.

**Aim of the research** was to update the calculation of optimal nitrogen fertilizer rate for spring wheat considering pre-crop and grading composition of soil.

**Objectives of the research:**

1. to investigate the impact of increasing rate nitrogen fertilizer application on the grain yield depending on pre-crop and grading composition of soil, as well as considering content of nitrogen combinations both in plants and soil during plant growth;
2. to work out the optimal nitrogen mineral fertilizer rate during the field tests, and assess the nitrogen optimization methods for spring wheat considering pre-crop and grading composition of soil;
3. to interpret the changes in grain quality of spring wheat considering nitrogen fertilizer rate, pre-crop, and grading composition of soil.

**Novelty of the research.**

1. Effectiveness of interaction across nitrogen fertilizer, pre-crop, and grading composition of soil within spring wheat sowings was clarified.
2. Optimal nitrogen fertilizer rate for spring wheat after potatoes, grasses and cereals, in sandy loam and loamy soil, was determined by

---

<sup>2</sup> Timbare R., Bušmanis M. (2000) Minerālā slāpekļa saturs augsnē 2000. gada pavasarī. *Ražība*, Nr. 7, lpp. 24. – 25.

<sup>3</sup> Sīviņš O., Pogulis A. (1996) Vasaras kviešu šķirņu ražas formēšana atkarībā no N mēslojuma un izejas normas. **No: Zinātniskās konferences (7. un 8. februārī 1996. gadā) raksti.** LLMZA, LLU Lauksaimniecības fakultāte, LLU. Jelgava, 104. lpp.

<sup>4</sup> Lejiņa B. (1965) Dažādu ziemāju priekšaugu efektivitāte velēnu podzolētās smilšmāla un mālsmits augsnēs. *Augsne un raža*. Latvijas Zemkopības zinātniskās pētniecības institūta zinātnisko rakstu krājums. XIII. Rīga, 29. – 41. lpp.

<sup>5</sup> Anspoks P. (1979) *Mēslojums un ražas kvalitāte*. Rīga: Liesma. 195 lpp.



applying two different methods, as well as the assessment of these methods was worked out.

3. Impact of nitrogen fertilizer, pre-crops and granulometric content of the soil on spring wheat yield and its quality indicators was sized up, and complex interaction between above mentioned factors was clarified.

### **Aprobation of obtained results and practical use.**

Findings of the research have been reported at 12 conferences and seminars, int. al., 6 of international importance. The main findings have been summarized in 6 scientific publications. Results of the work have been popularised at 3 exhibitions.

The trial results have been used during “*Rural Days*” of the Institute of Agriculture, during a broadcasting program for people living in country (“*Lauku ļaudīm*”), on TV, for the training of the Latvia University of Agriculture students, and also in informative materials of the Latvian Rural Advisory and Training Centre (LLKC).

Findings have been used for elaboration of fertilizer application rate norms for application of fertilizers in Latvia. Results obtained in the framework of the present doctoral thesis have been used at the mutual Latvian-Danish project “Improvement of the standards regarding mineral fertilizers and manure application in Latvia” (“*Minerālmēslu un kūsmēslu normaītvu uzlabošana Latvijā*”), as the result of which, the “Standard for the application of fertilizers and manure in Latvia” was published in 2002.

By the Agrochemical Research Centre the field trial data basis, containing findings of doctoral thesis, has been established as well. Information of data basis is used to improve norms regarding application of nitrogen fertilizer with aim to increase product competitiveness, and reduce pollution of environment with nitrogen compounds as defined in EU Nitrogen Directives and HELCOM recommendations.

The findings of the present doctoral thesis have been applied for the elaboration of scientific projects “Elaboration of soil productivity optimization models, by using and stocking up the data basis of the long-term stationary” and “Research on Plant Nutrition Elements’ Circulation by having regard to Principles of Good Agriculture Practice” funded by the Latvian Council of Science. The research work “Optimization of Nitrogen Fertilizer for Spring Wheat” was awarded with the consolation prize of the competition “*Sējējs*”, organized by the Ministry of Agriculture of the Republic of Latvia.

## MATERIALS AND METHODS

Over a period from 1999 till 2001 there were performed 17 field trials for spring wheat (*Triticum aestivum* L.) variety 'Munk' in soils of two types: sandy loam and loamy soil after the three different pre-crops: potatoes, grass, and cereals.

The trial variants were arranged in four replications by method of limited randomisation. Randomly choosing one or another arrangement of nitrogen fertilizer, it was observed that the same nitrogen variants were not applied in proximal plots. Agrochemical indicators of loamy soil: pH KCl – 6.3, content of organic matter – 23.0 mg kg<sup>-1</sup> (Tyurin's method), phosphorus P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 100 mg kg<sup>-1</sup> (DL – method), potassium K<sub>2</sub>O – 135 mg kg<sup>-1</sup> (DL – method). Agrochemical indicators of sandy loam: pH KCl – 5.7, organic matter content – 22.0 mg kg<sup>-1</sup>, phosphorus P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 142 mg kg<sup>-1</sup>, potassium K<sub>2</sub>O – 92 mg kg<sup>-1</sup>.

During trials, at the end of April, spring wheat variety 'Munk' was sown at a rate 600 germinable seeds per sq.m, after cultivating into soil 60 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> of ordinary superphosphate, and 90 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, the form of potassium chloride that compensated in soil nutrient removal by at least 6.5 t ha<sup>-1</sup> crop yield. Before sowing, seeds were treated with mordant Vincits (*flutriafol*, 25 g L<sup>-1</sup> and *tiabendazole*, 25 g L<sup>-1</sup>) 2 L t<sup>-1</sup>. Weed was controlled by applying herbicide Granstar (*metil-tribenuron*, 750 g kg<sup>-1</sup>) by 15 g ha<sup>-1</sup>. For pest control, during wheat shooting phase, was used fungicide Tango (*epoxiconazole*, 125 g L<sup>-1</sup> and *tridemophe*, 375 g L<sup>-1</sup>) at a rate 0.8 L ha<sup>-1</sup>. For aphid control (they were massively spread in 1999) there was used insecticide Bi – 58 (*dimetoat*, 380 g L<sup>-1</sup>), with rate 1.0 L ha<sup>-1</sup>.

The total area of one plot was 45 sq. m, (3m × 15 m) the recorded area being 32.8 m<sup>2</sup>. Yield was harvested by direct combining. The threshed corn of each field was weighted, and average samples were taken for the further structural and chemical analysis.

In total, during trials seven nitrogen fertilizer application rate variants 0; 50; 100; 150; 200; 250 kg ha<sup>-1</sup> N, and the diagnostical variant of nitrogen demand by diphenylamine (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>NH method were tested. Prior to spring wheat sowing, in the soil was cultivated 60 % of the planned nitrogen fertilizer amount, in the form of ammonium nitrate (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; N 34.4 %). The second nitrogen fertilizer dose, the amount of 40 %, was applied during spring wheat tillering's final phase – in the beginning of shooting (EC 29).

In the variant of nitrogen demand diagnostic, for the first spreading was used 60 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen, and additional amount of fertilizer needed was assessed by diphenylamine expressmethod. In the diagnostic variant the amount of additional fertilizer applied at the end of wheat tillering phase (EC 29), and the total dose of fertilizer applied are reflected at Table 1.

Before the trials started, in both types of soils were grown pre-crops, required for trials to be performed in the next year. Trials included pre-crops embracing three most popular field crop groups of Vidzeme region: cereals, grasses, and potatoes. Of cereals was used spring wheat (repeated sowing), sown during the third decade of April, sowing dose at a rate 600 germinable seeds per one square metre. Prior to sowing of spring wheat, in soil were cultivated 60 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, in the form of superphosphate, and 90 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, in the form of potassium chloride. Nitrogen dose was 80 kg ha<sup>-1</sup> N. For seed treatment there was used Vincit (*flutriafol*, 25 g L<sup>-1</sup>; *tiabendazole*, 25 g L<sup>-1</sup>), at a rate 2 L t<sup>-1</sup>. For pest control served fungicide Tango 0.8 L ha<sup>-1</sup>. On the wheat stubble-field was sprayed herbicide Raundup (*glyphosate*, 360 g L<sup>-1</sup>), at rate 4 L ha<sup>-1</sup>. Grass-seed mixture (hereinafter ‘grasses’): red clover variety ‘Skřiveru agrais’ 10 kg ha<sup>-1</sup> and annual ryegrass 10 kg ha<sup>-1</sup>, were sown during the first decade of May. Shortly before the time of sowing, in soil was cultivated 60 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and 90 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, correspondingly, in a form of ordinary superphosphate and potassium chloride. Green mass of grass was cut twice, during the vegetation period, then chopped and left on the field. Volume of the cut mass was, on average, 4 t ha<sup>-1</sup>. Aftergrass, prior to ploughing, was sprayed with herbicide Raundup (*glyphosate* 360 g L<sup>-1</sup>), dose being 4 L ha<sup>-1</sup>. Grass-seed mixture: early red clover and annual ryegrass were selected so that in possibly short time – one season – could be obtained pre-crop, similar to most occurring precrop of grasses cultivated at farms.

Potato variety ‘Sante’ were planted in the middle of May at a rate 3 t ha<sup>-1</sup>. Weeds were limited by herbicide Titus (*rimсульфон*, 250 g kg<sup>-1</sup>) 0.05 kg ha<sup>-1</sup>. For disease control there was used fungicide Ridomil Gold (*mankocēb*, 64 g kg<sup>-1</sup>; *metalaxil-M* 4 g kg<sup>-1</sup>), the dose being 2.5 kg ha<sup>-1</sup>, and Dithane (*mankocēb*, 750 g kg<sup>-1</sup>) – 2 kg ha<sup>-1</sup>. As potato fertilizer served complex mineral fertilizer for potatoes NPK 11 – 11 – 22, the dose being 450 kg ha<sup>-1</sup>. Harvested average yield of potato tubers was 25 t ha<sup>-1</sup>.

Content of mineral nitrogen in soil was stated for the variants without nitrogen fertilizer. The soil samples were taken during vegetation season: in the beginning of vegetation, when tillering (in wheat EC 26), by the end of shooting (EC 37), and shortly after flowering (EC 69). The average sample was created by uniting four probings. Soil samples were taken by applying the soil probe at a previously selected and marked place within three depths of 0–20; 20 – 40, and 40 – 60 cm, in four replications. The average samples were transported to the Agrochemical Research Laboratory in a thermobag with cooling elements. For the purposes of calculation of the supply of mineral nitrogen N<sub>min</sub> for spring wheat, the volume-weight of sandy loam is assumed to be 1.2 kg L<sup>-1</sup>, and volume-weight of loam– 1.4 kg L<sup>-1</sup>.

To determine the dynamics of nitrogen content in plants, within the all trial variants, from four replications were taken stems of casually selected

plants with leaves and created average samples which were analysed for total nitrogen content at the Agriculture Institute's Scientific Laboratory. Plant samples were taken at the end of tillering (EC 29), during shooting phase (EC 37), at the beginning of the heading (EC 51), and after flowering (EC 69). From every arrangement were taken stems from randomly selected plants, by cutting them at the neck of the root. Then samples of the plants were immediately chopped and dried. In the course of further work, the dried and milled samples of plants came under chemical analysis.

Lodging within spring wheat was stated in line with Methodics of Evaluation of Economic Characteristics of Varieties, approved by the Ministry of Agriculture of the Republic of Latvia, by visually assessing the decline from stem's vertical condition, and expressed by points:

9 – no lodging, stems situated in vertical condition,

7 – small lodging,  $\frac{1}{4}$  of the stems declined at the angle of  $30^\circ$ ,

5 – medium lodging,  $\frac{1}{2}$  of stems declined at the angle of  $45^\circ$ ,

3 – strong lodging, harvesting is difficult,  $\frac{3}{4}$  of stems declined at the angle of  $60^\circ$ ,

1 – extremely strong lodging, harvesting is impossible.

The content of organic substance was determined by oxidizing it with potassium dichromate solution ( $K_2Cr_2O_7$ ) in sulphuric acid. The gained three-valued chrome is equivalent to the volume of organic substance, and this was determined photocalorimetrically (LV ST ZM 80 – 97).

Soil pH was stated potentiometrically in one molar (M) KCl solution, soil and solution being in proportion of 1: 2.5 (LV ST ZM 81 – 97). Available for the plants phosphorus and potassium was determined by Enger-Riehm (DL) method (LV ST ZM 82 – 97). The determination of mineral nitrogen was based upon extraction of ammonium N –  $NH_4$ ) and nitrate (N –  $NO_3$ ) from soil with 1 molar (M) potassium chloride solution (proportion of soil and extragent amount was 1: 2.5), and later, calorimetrically, there was stated nitrogen and ammonium.

The samples of grain and plants were prepared for analysis considering methods specified by LVS ISO 6498: 1998. For milling, there was used a specific mill, foreseen for the task, avoiding overheating of the analyzed mass.

Moisture of the sample was stated considering LVS ISO 6496: 1999. Drying method was applied. Samples were dried at the temperature of  $103^\circ C$  until constant mass was obtained.

For quantitative determination of nitrogen in plants, was used Kjeldahl method (LVS ISO 5983:1997). Kjeldahl method was used also for detection of nitrogen in grain and straw.

Quality of grain was assessed considering the methods approved by Latvian National Standards.

By diagnostic variant, the dose of nitrogen fertilizer was stated applying diphenylamine ( $C_6H_5)_2NH$ ) expressmethod, based on the formation of intense blue tint ( $N, N'$ -diphenyl-benzidin violet) resulting from the reaction between diphenylamine and nitrate ions.

Average temperature of 1999, only in the beginning of vegetation period, was lower than long-term records. During further growth period of plants, the average air temperature was  $1.7\text{ }^{\circ}C$  higher than usual. As to precipitations, on the other hand, the vegetation period of 1999 in Skřivěri was remarkably drier than usual. The total precipitation volume during five vegetation months was 100 mm less than long-term records. Especially badly shortage of precipitation was felt by the plants in July, during their formation and ripening time. the precipitation sum of this month was nearly two times less than the norm, and this, beside high air temperatures, could be one of the essential causes of the decreased spring wheat yield, and poor grain quality. The next trial year, 2000, turned out to be cool and humid. Though average air temperatures during vegetation period-2000 were slightly higher than long-term records, the days were cooler than usual causing the following: speed of physiological processes of plants, daily, was limited. During spring wheat vegetation, it was stated also disadvantaged dispersion of precipitation. During the first vegetation phase when plants need more humidity, the monthly volume of precipitation was smaller than long-term records. During second vegetation phase, when plants don't require so much humidity, Skřivěri Meteorological Station stated especially abundant precipitation volume reaching 190 mm in July and surpassing long-term average records more than twice. Nevertheless, of all three trial years, this year was, relatively, most benignant for wheat growing. On the third trial year, during spring wheat vegetation, the average day and night temperatures were higher than long-term records. High air temperatures by day were fixed during wheat flowering time. Beside high temperatures, in June and July, there was fixed also excessive precipitation amount. During grain formation, heavy rainfalls and gusty winds lodged the better developed sowings. The lodged sowings developed favourable conditions for pest development, and this made negative impact on the yield and grain quality, totally, during trial period, the agro-meteorological conditions showed remarkable deviations from long-term average records, and every trial year was different.

Yield data of field trials were subject to multifactorial (4) anova analysis considering SPSS program and applying General Linear Model (GLM) Tukey correlation function that unites the normal values of factorial features with the changing linear combination, and transform correlation between single components making them linear. Least significant difference (LSD) was stated by PostHoc test. PostHoc test is applied after anova analysis has proved essentiality of the common factor. This permits to compare the average values

of all the possible pairs, without changing the error criteria within the definite value intervals. To state the economic optimum of nitrogen fertilizer there were considered costs of nitrogen fertilizer, and value of additional grain harvested thanks to nitrogen fertilizer. The optimum was at the point where the function's derivation of polynomial regression (applied for stating extreme points) was equal to the relations between the value of grain yield and the maximal price of nitrogen. The price of grain was assumed 150 Ls t<sup>-1</sup>, and nitrogen costs – 0.44 Ls kg<sup>-1</sup> N being the average prices of the products during data procession of the season-2007.

Making the linear regression equations, for every trial variant, there was stated a definite dose of nitrogen fertilizer at which there was detected the largest increase in grain yield. Also there was determined the character of increase or decrease of grain yield, if nitrogen fertilizer dose was increased.

To assess the grain quality indicators there was used two-factor anova analysis. Change of total protein content in grain due nitrogen fertilizer dose and data interpretation was performed by linear regression analysis, using software MS Excel. To state the intercorrelation between plants and nitrogen contents in soil, there was used the analysis of correlation.

## RESULTS

### Nitrogen status in soil during vegetation period of plants

Essential impact on the supply of topsoil (0 – 20 cm) with mineral nitrogen had the texture of soil (Sig. = 0.003), and the share effect was 31.3 % or  $\eta^2 = 0.313$ . The soil content of mineral nitrogen changed remarkably (Sig. = 0.015) during spring wheat growth period, and the share effect of it was 34.7 % or  $\eta^2 = 0.347$  (Fig.1). Mathematic data analysis did not stat any existence of correlation between these factors (Sig. = 0.426).

Assessing the supply of mineral nitrogen ( $N_{\min}$ ) by various pre-crops, there was stated: minor stock of nitrogen was after cereals – on average, 40 kg ha<sup>-1</sup>. Relatively good nitrogen supply during spring wheat vegetation was after potatoes – on average, 44 kg ha<sup>-1</sup>, and major supply of nitrogen in soil was after grasses, on average, 47 kg ha<sup>-1</sup>. At the beginning of vegetation, relatively high content of mineral nitrogen was stated in plots arranged after potatoes, and there was also harvested the highest yield. While assessing the impact of texture of soil upon nitrogen supply, it must be admitted that within loamy soil the nitrogen supply was 17 kg ha<sup>-1</sup> higher than within sandy loam. During growth period, within lighter soil, mineral nitrogen moved to deeper soil layers.

The best supply of spring wheat with mineral nitrogen was within loamy soil after grasses. At the beginning of vegetation period, within soil layer 0 – 20 cm there was 50 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen. During spring wheat tillering, the

content of nitrogen increased up to  $101 \text{ kg ha}^{-1}$ , and that was the top of the entire trial. Decreased content of nitrogen,  $N_{\min}$ , at the end of vegetation period occurred within wheat after cereals – on average,  $37 \text{ kg ha}^{-1}$ , where the last year plowed straw immobilized nitrogen. Increased environment pollution, at the end of vegetation period, was observed in plots where wheat was grown after potatoes: there were stated the highest  $N_{\min}$  remains in soil.

### **Dinamics of nitrogen compounds in vegetation period of plants**

To state the impact of rising rates of nitrogen fertilizer upon total nitrogen within spring wheat plants, during vegetation of plants there were taken samples from green mass of plants, from all the variants. Nitrogen fertilizer increased the total content of nitrogen within green mass of spring wheat, on average,  $2 - 43 \text{ g kg}^{-1}$  of dry matter (Fig.2). The major increase of nitrogen content, in dry matter (DM), had the variant of spring wheat's heading phase (EC 51) where  $250 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  of nitrogen was used. The smallest increase of total nitrogen within plants DM, due the impact of nitrogen fertilizer, was stated during tillering of spring wheat, and after flowering. During tillering of spring wheat (EC 29), if nitrogen fertilizer was increased from  $50$  to  $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , the total nitrogen content within plants increased from  $34$  to  $44 \text{ g kg}^{-1} \text{ N}$ ; nevertheless, further increase of nitrogen fertilizer did not change nitrogen content essentially, making  $45 \text{ g kg}^{-1}$  of DM. Results show that the optimal content within wheat, during tillering phase –  $55 - 60 \text{ g kg}^{-1}$  of DM, was not gained at any trial variant. Within variants where nitrogen fertilizer was from  $0$  to  $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , during shooting phase (EC 37), nitrogen content increased from  $26$  to  $42 \text{ g kg}^{-1}$  of DM. Further increase of nitrogen fertilizer dose did not change content of nitrogen in spring wheat.

Major impact of nitrogen fertilizers upon nitrogen content within spring wheat was stated during heading. By increasing nitrogen fertilizer rate every  $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , total nitrogen content within plants also was increased, on average,  $5 - 12 \text{ g kg}^{-1}$  of DM, and, by  $250 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , total nitrogen content reached  $85 \text{ g kg}^{-1}$  of DM. After spring wheat flowering phase, the total nitrogen content within plants was the lowest one, and the nitrogen fertilizing resulted merely slight increase. During spring wheat development phase, using nitrogen fertilizer up to  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  the nitrogen content within wheat increased merely by  $1 - 3 \text{ g kg}^{-1}$  of DM. Within variants with nitrogen fertilizer  $200$  and  $250 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , the total nitrogen content in DM was, on average,  $17 \text{ g kg}^{-1} \text{ N}$ .

The impact of nitrogen fertilizer upon total nitrogen content depended on the time when the samples were taken from the plants, or the phase of their development. Total nitrogen content within plants decreased during rapid increase of vegetative mass as well as during grain maturation. More prominent difference in total nitrogen content between different variants of fertilizing was

during spring wheat heading phase EC 51. The impact of pre-crop and texture of soil upon the total nitrogen content within spring wheat was stated as well, but it was rather minor, and during second part of spring wheat vegetation, especially by the end, this impact practically was not stated.

### **Yield of spring wheat**

Multifactorial (4) anova analysis showed that during three year trials, nitrogen fertilizer, pre-crops, soil (Sig.  $0.000 < 0.05$ ), and the year of growing (agrometeorological conditions) (Sig.  $0.002 < 0.05$ ) made essential impact on grain yield level, as separate factors. Essential yield fluctuations arose due corellation between fertilizer and pre-crops, pre-crops and soil, soil and the annual or agrometeorological conditions (Sig.  $0.000 < 0.05$ ). Mathematical data procession showed essential significance of the three factors' interaction – pre-crop – the year, and pre-crop – soil – the year, to provide the yield level during three years (Sig.  $0.000 < 0.05$ ).

To state the impact of nitrogen fertilizer upon the yield of spring wheat grain, the average yield was calculated, for every nitrogen variant, after all pre-crops. By control variant (without nitrogen fertilizer), the average spring wheat yield was  $2.77 \text{ t ha}^{-1}$ . The variant with nitrogen fertilizer rate  $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , provided spring wheat yield  $3.35 \text{ t ha}^{-1}$ , and this made  $0.58 \text{ t ha}^{-1}$  more grain than by the variant without nitrogen fertilizing, and that was essential increase of grain yield ( $\text{LSD}_{0.05} = 0.382 \text{ t ha}^{-1}$ ). Using  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , the grain yield was  $3.58 \text{ t ha}^{-1}$ . This made  $0.81 \text{ t ha}^{-1}$  more than by the control variant, but, comparing to the previous rate,  $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , the increase of grain yield,  $0.23 \text{ t ha}^{-1}$ , was not essential. No significant difference of the yield was stated by nitrogen rate  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  and  $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , only by  $0.02 \text{ t ha}^{-1}$ .

Nitrogen fertilizer rate's increase above  $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  did not essentially increase the yield. Using nitrogen fertilizer  $200$  and  $250 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , spring wheat yield was respectively  $0.24$  un  $0.27 \text{ t ha}^{-1}$  ( $P = 0.003 < 0.05$ ) less than if applying  $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  nitrogen fertilizer (Fig.3). Yield decrease could be explained by increase of spring wheat lodging, using greatest nitrogen fertilizer rates which, in some years, reached  $5 - 4$  points ( $60 - 80 \%$  of the plot area). Relatively low grain yield, obtained at trials ( $3.57 - 3.60 \text{ t ha}^{-1}$ ), can be explained by unfavourable agrometeorological conditions, and their impact upon nitrogen content within wheat; no optimal nitrogen content in wheat grain was reached, in no variant. Applying diagnostic variant, there was defined nitrogen rate for every trial variant considering supply of plants with nitrogen at the final part of tillering phase, using method of expressdiagnostics of nitrogen content in stems of plants. Average nitrogen rate, by this variant, was  $77 \text{ kg ha}^{-1}$  (Fig.3). Applying this nitrogen fertilizer rate, there was obtained, on average,  $3.57 \text{ t ha}^{-1}$  of spring wheat grain, and this was merely  $0.01 \text{ t ha}^{-1}$  less than by the variant



with 100 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen, and in addition, the saved nitrogen fertilizer was 23 kg ha<sup>-1</sup> of pure staff.

By the variants with nitrogen fertilizer 50 and 100 kg ha<sup>-1</sup> N, and the diagnostic variant, there was practically no lodging at all (on average, 9 points), but by the variant with 150 kg ha<sup>-1</sup> N nitrogen fertilizer, lodging was scarcely from 7 to 9 points. The greatest lodging with spring wheat was stated after grasses, in sandy loam, by variant of 250 kg ha<sup>-1</sup> N nitrogen fertilizer where, on average: in the course of three years, lodging reached 4 points. Less lodging within spring wheat was after cereals, the maximal one – 6 points reaching, in loamy soil, with 250 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen fertilizer. During tests, lodging with spring wheat was stated mostly during milkstage of plant maturation phase, after hard rains and gusty wind.

In the course of three years, by the variant without any nitrogen fertilizer in sandy loam, there was obtained, on average, 0.27 t ha<sup>-1</sup> grains more than within loam. Applying the increasing nitrogen fertilizer rates, the wheat yield in sandy loam was essentially higher: by all the nitrogen fertilizer variants. In addition, by the nitrogen variants of 50 kg ha<sup>-1</sup> and 100 kg ha<sup>-1</sup> N fertilizer rates, the difference between yields at sandy loam and loamy soil, increased even more, correspondingly: in sandy loam there was obtained 0.4 t ha<sup>-1</sup> and 0.38 t ha<sup>-1</sup> grain more than in loamy soil (LSD<sub>0,05</sub>= 0.152 t ha<sup>-1</sup>).

The impact of separate pre-crops upon spring wheat yield more prominently was observed by the variant without nitrogen fertilizer (Table 2). By this variant, most grain – 3.15 t ha<sup>-1</sup> was obtained after potatoes where grain yield was 0.45 t ha<sup>-1</sup> more than after grasses, and 0.70 t ha<sup>-1</sup> more than after cereals. By the variant without fertilizer, pre-crop grasses was better than cereals, where, on average, within both soils, there was formed 0.25 t ha<sup>-1</sup> grain less, and that is essential difference by LSD<sub>0,05</sub>= 0.216 t ha<sup>-1</sup>.

By the variants without nitrogen fertilizer, the best pre-crop for spring wheat was potatoes leaving behind grasses; and growing cereal repeatedly, there was gained the smallest yield (Fig. 4).

By all the variants with nitrogen fertilizer, on their parts, the highest yield was obtained when growing spring wheat after potatoes leaving behind the variants with pre-crop cereals, and leaving grasses last. The relatively low effectiveness of pre-crop – grasses during our trials can be explained this way: giving the increasing nitrogen fertilizer rates, the importance of the accumulated nitrogen, by grasses, is relatively lost.

Analyzing the changes within wheat spring yield affected by nitrogen fertilizer, separately in sandy loam and loamy soil, after every pre-crop applying linear regression, there was stated the importance of the above mentioned factors for obtaining the maximal grain yield.

Within sandy loam, after grasses, when increasing nitrogen fertilizer by 10 kg ha<sup>-1</sup> N, the increase of grain yield was 0.51 t ha<sup>-1</sup>, b<sub>yx</sub>= 0.0051 t ha<sup>-1</sup>

(Fig.5). The turning point in increase of grain yield was stated by 88 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen fertilizer, reaching the maximal grain yield 3.14 t ha<sup>-1</sup>.

Within loamy soil, the turning point in increase of wheat yield was stated by 151 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen fertilizer (3.30 t ha<sup>-1</sup>), and then followed rapid decrease of grain yield  $b_{yx} = -0.0038$  t ha<sup>-1</sup>. Higher content of clay particles within soil, influenced by pre-crop grasses, ensured the chance to obtain more grain and use more nitrogen fertilizer (Fig.5).

Analogous calculations have showed that pre-crop grasses and sandy loam, interacting with nitrogen fertilizer rate up to 150 kg ha<sup>-1</sup> N, formed provisions for the increase of spring wheat yield in the same way as loamy soil interacting with pre-crop cereals and nitrogen fertilizer rate, up to 100 kg ha<sup>-1</sup> N. The turning point in spring wheat yield increase within sandy loam was stated by 135 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen fertilizer, but within loamy soil, spring wheat yield began to decrease already by 96 kg ha<sup>-1</sup> N.

Loamy soil, influenced by pre-crop cereals, decreased the maximal yield of wheat grain and also decreased the consumption of nitrogen fertilizer.

Pre-crop potatoes and nitrogen fertilizer rate up to 100 kg ha<sup>-1</sup> N interacting with sandy loam increased the yield of wheat grain sharper than pre-crop potatoes interacting with loamy soil. The interaction of loamy soil and pre-crop potatoes resulted increase of spring wheat yield by 150 kg ha<sup>-1</sup> N nitrogen dose. Nevertheless, the analysis of linear regression show that the turning point in yield increase within sandy loam was stated by 99 kg ha<sup>-1</sup> N rate of nitrogen fertilizer, but within loamy soil, the yield started to decrease by 145 kg ha<sup>-1</sup> N. Within loamy soil, potatoes as pre-crop decreased maximal wheat grain yield more consuming of nitrogen fertilizer than within sandy loam. Nitrogen fertilizer, as limiting factor of grain yield, had minor significance when growing the wheat after grasses, but major – growing them after potatoes or cereals.

### **Calculated, economically optimal nitrogen fertilizer rates**

Considering the grain yield, obtained at trials, there were made polynomial regression equations by help of which there were calculated economically optimal nitrogen fertilizer rates.

The calculated rate of the optimal fertilizer nitrogen, influenced by various pre-crops and soil texture, within three year plot trials, fluctuated between 61 and 136 kg ha<sup>-1</sup> N. Fluctuations like these can essentially influence not only economical, but also the ecological situation, practically at every farm. Uselessly applied 75 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen can leave essentially negative impact upon natural nitrogen balance of the environment.

Most of the grain yield, against background of the calculated optimal nitrogen rate 92 kg ha<sup>-1</sup> N, was obtained when growing wheat after potatoes –

on average,  $4.01 \text{ t ha}^{-1}$ . The last year, relatively intensively, was loosened soil and combated perennial weeds, and this could be the basis for better crop growing next year. More nitrogen fertilizer ( $133 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  on average in both the soils), in order to obtain optimal spring wheat yield (on average,  $3.63 \text{ t ha}^{-1}$ ) was used in plots after cereals.

The smallest nitrogen rate for spring wheat was required within pre-crop grasses. The optimal nitrogen fertilizer rate, on average, for both soils, in the course of three years, was  $68 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  resulting  $3.10 \text{ t ha}^{-1}$  of grain. Evaluating the obtained gross receipt for growing of spring wheat, the economically profitable pre-crop were potatoes when gross receipt made, on average,  $561 \text{ Ls ha}^{-1}$  (Table 3). Minore economic profit from growing of spring wheat was stated within the variants with pre-crops cereals or grasses.

With the variants when wheat was grown after potatoes, the expenses on nitrogen fertilizer were, on average,  $40 \text{ Ls ha}^{-1}$  being  $19 \text{ Ls ha}^{-1}$  less than when growing spring wheat after cereals, and  $20 \text{ Ls}$  more than growing them after grasses. The optimal nitrogen fertilizer rate, on average, within sandy loam –  $92 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  uniting pre-crops variants, was essentially lower ( $11 \text{ kg ha}^{-1}$ ) than the calculated nitrogen fertilizer rate for loamy soil –  $103 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ; this was proved also by mathematical processing. The soil texture essentially influenced grain yield (Table 3).

For instance, spring wheat after potatoes within sandy loam, by the optimal nitrogen fertilizer  $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  brought  $4.25 \text{ t ha}^{-1}$  of grain, using for nitrogen fertilizer  $35 \text{ Ls ha}^{-1}$ , whereas spring wheat after potatoes within loamy soil, made the economically optimal nitrogen fertilizer rate  $104 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , and there was obtained  $3.77 \text{ t ha}^{-1}$  of grain, the total costs for nitrogen fertilizer being  $46 \text{ Ls ha}^{-1}$ . After the same pre-crop, the difference in grain yield reached  $0.48 \text{ t ha}^{-1}$ , and the difference in nitrogen fertilizer was  $24 \text{ kg ha}^{-1}$ , but costs for nitrogen fertilizer –  $11 \text{ Ls ha}^{-1}$ , by nitrogen cost  $0.44 \text{ Ls kg}^{-1} \text{ N}$  (Table 2).

The gained, economically optimal value of nitrogen fertilizer is a relative figure depending upon the costs of spring wheat fertilizing, and the grain purchasing price. The higher the nitrogen fertilizer price, the lower is the economically profitable nitrogen fertilizer rate. The calculated optimal nitrogen fertilizer rates show that spring wheat requires differentiation as to pre-crop and texture of soil since the optimal nitrogen rate after cereals was  $133 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ; after potatoes –  $92 \text{ kg ha}^{-1}$ , after grass  $68 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , whereas within loamy soil,  $103 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , and sandy loam –  $92 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , and, for instance, by the variant after potatoes within sandy loam, the optimal nitrogen fertilizer rate was  $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , but within loamy soil –  $104 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ .

## Quality of spring wheat grain

Major impact upon grain quality, at trials, had nitrogen fertilizer. Lowest nitrogen fertilizer rate (50 and 100 kg ha<sup>-1</sup> N) for 1000 grains of spring wheat, compared to the variant without nitrogen fertilizer (control), was not essentially influenced, but the increase of nitrogen fertilizer from 150 to 250 kg ha<sup>-1</sup> N, essentially decreased the mass of 1000 grains. Evaluating the impact of pre-crops, it must be admitted that, within loamy soil, rougher grain was obtained after grass, when using 100 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen, but, within sandy loam, after grass, by 50 and 100 kg ha<sup>-1</sup> N rates of nitrogen.

Grain gluten content fluctuated, on average, from 23.0 % to 31.9 %. Essential impact on gluten content as stated had nitrogen fertilizer ( $P_{SL}=0.00034<0.05$  and  $P_L=0.00005<0.05$ ). Within sandy loam, the amount of 50 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen fertilizer, essentially (on average by 1.4 %) increased gluten content within grain as compared to the control. Essential increase in gluten content was stated also if increasing the nitrogen fertilizer rate from 50 to 100 kg ha<sup>-1</sup> N gluten content within spring wheat grain increased, on average, from 26.4 to 28.0 %, or 1.6 % ( $LSD_{0.05}=1.32$  %).

Within loamy soil, gluten content increased essentially, for 2.1 %, and was stated only by the use of 100 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen fertilizer. Increasing nitrogen fertilizer rate to 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup> N, gluten content increased, on average, for 2.0 %, and this was essential ( $LSD_{0.05}=1.36$  %).

The trial results indicate that, in most cases, in order to grow wheat after grass or potatoes and obtain grain with gluten content above 28 %, spring wheat, within sandy loam, one must apply at least 100 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen fertilizer. Within loamy soil, the amount of 100 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen fertilizer turned out to be enough for obtaining the highest quality grain only after grass, but growing them after cereals or potatoes, for obtaining high quality grain, nitrogen fertilizer rate must be at least 150 kg ha<sup>-1</sup> N. Within sandy loam, on other hand, by repeated spring wheat sowings, for obtaining 28 % of gluten content, there must be cultivated in 200 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen at least. Falling number by trial variants fluctuated, on average, from 151 to 334 s. Spring wheat if grown in sandy loam, had a lower falling number, on average, – from 151 to 272 s, but growing spring wheat within loamy soil, the falling number reached 195 – 334 s. Nitrogen fertilizer and the increase of its rate, within sandy loam, did not affect, essentially, the falling number of spring wheat.

By the variant without nitrogen fertilizer, the crude protein in grain was 11.4 %. The impact of nitrogen fertilizer rate 50 kg ha<sup>-1</sup> N made grain protein content to rise up to 12.3 %. Nitrogen rate 100 kg ha<sup>-1</sup> N ensured the greatest increase of crude protein – on average, 0.8 – 0.9 %. Further increase of nitrogen fertilizer rate, from 100 kg ha<sup>-1</sup> N to 150, 200 and 250 kg ha<sup>-1</sup> N, ensured higher crude protein content in grain 14.7 % (250 kg ha<sup>-1</sup>), nevertheless, by separate

high nitrogen rates, the increase was not as high as by minor nitrogen fertilizer rates – on average, merely 0.4 – 0.6 %. The trial results show that, for growing the grain that corresponds to food quality requirements, basically, sufficed the amount of 50 – 100 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen fertilizer.

The content of crude protein in grain was influenced more by various pre-crops. Mutually comparing the indicators of crude protein content within various soils, there was stated that texture of soil had impact only upon the variants without nitrogen. Within loamy soil, crude protein content in grain was, on average, 0.8 – 1.3 % higher than within sandy loam.

In order to state the required nitrogen fertilizer, for reaching crude protein adequate to food requirements, there were described, by linear regression equations (Table 4), the changes in crude protein content affected by nitrogen fertilizer, in all variants of soil and pre-crops. Evaluating the calculated, economically optimal nitrogen fertilizer rates for spring wheat, and grain yield, it was stated that crude protein content was not the limiting indicator of grain yield, adequate to the food wheat.

### **Effectiveness and balance of nitrogen**

In order to state the effectiveness of nitrogen fertilizer, there was calculated nitrogen removal by the yield. Major effect upon nitrogen removal had the use of mineral nitrogen fertilizer. Within the control variant (without nitrogen fertilizer), removal with spring wheat grain and straw was the smallest one – only 53 kg ha<sup>-1</sup> N. The greatest increase of nitrogen removal was stated within smaller nitrogen fertilizer rates – by the variant 50 kg ha<sup>-1</sup> N when the removal increased from 53 to 72 kg ha<sup>-1</sup> N (LSD<sub>0.05N</sub> = 5.6 kg ha<sup>-1</sup> N). Applying the nitrogen fertilizer rates 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup> N, nitrogen removal within yield increased, respectively, to 83 and 92 kg ha<sup>-1</sup> N making essential increase (LSD<sub>0.05</sub> = 5.6 kg ha<sup>-1</sup> N). Increasing nitrogen fertilizer rate up to 200 and 250 kg ha<sup>-1</sup> N, the removal increase was not significant any more proving that nitrogen fertilizer was not used purposefully to ensure the yield and its quality.

Analyzing nitrogen removals within grain and straw, there were stated the cultivated-in nitrogen costs. Utilization of nitrogen fertilizer made the conception of effectiveness of the used fertilizer.

Within sandy loam and its light soil texture, effectiveness of nitrogen fertilizer for spring wheat fluctuated within 17 to 51 %. The exception was the variant after grasses, and due its impact, nitrogen fertilizer rates within the variants of 50 and 100 kg ha<sup>-1</sup> N, efficiency factors were equal, reaching 32 %. The highest nitrogen fertilizer efficiency was stated at plots after cereals where spring wheat, for making the yield, had consumed, on average, 51 % of nitrogen fertilizer.

Within loamy soil, the use of nitrogen fertilizer for spring wheat fluctuated within 13 to 64 %. In the same way as with sandy loam, also within loamy soil, nitrogen used by spring wheat was better at plots after cereals, depending on the fertilizer rate, from 19 to 64 %.

Utilization of nitrogen fertilizer, while increasing nitrogen fertilizer rate, gradually decreased, except when spring wheat was grown after potatoes: then, by increasing fertilizer rate of 50 kg ha<sup>-1</sup> to 100 kg ha<sup>-1</sup>, or 150 kg ha<sup>-1</sup> N, the nitrogen removal did not change.

Utilization of mineral nitrogen fertilizer is closely connected with balance of nitrogen within spring wheat (Figures 6 and 7). The balance characterizes the difference between the added and the removed mass of nitrogen within yield. Balance of nitrogen can be viewed as a relative indicator since it is influenced by nitrogen stocks within soil, microbiological processes, and agrotechnical activities of crop growing.

Spring wheat, by the variant without nitrogen fertilizer, used the nitrogen from the soil reserves; therefore the balance of nitrogen was negative.

By the variant without nitrogen fertilization, nitrogen was more accessible after grasses; therefore the negative balance within this pre-crop variant was major: -65 kg ha<sup>-1</sup> N (Fig. 6). Lower spring wheat yield, wherewithal, consequently, nitrogen N removal, within sandy loam, after cereals, made more negative balance by the variant without use of nitrogen fertilizer -47 kg ha<sup>-1</sup> N (Fig. 6). Within sandy loam, using minor nitrogen fertilizer – 50 kg ha<sup>-1</sup> N, the negative balance still remained by all the pre-crop variants being within -20 to -28 kg N ha<sup>-1</sup>. And only using 100 kg ha<sup>-1</sup> N and more of nitrogen fertilizer, there was stated positive balance of nitrogen.

Within loamy soil, balance of nitrogen within spring wheat sowings changed like within sandy loam. After grasses, there was the greatest negative balance: - 63 kg ha<sup>-1</sup> N by the variant without nitrogen fertilizer, and -29 kg ha<sup>-1</sup> N, the variant with nitrogen fertilizer 50 kg ha<sup>-1</sup> N (Fig. 7). Within loamy soil, due pre-crop cereal impact, the balance was less negative: by the variant without nitrogen fertilizer - 31 kg ha<sup>-1</sup>, and also due the impact of 50 kg ha<sup>-1</sup> N of nitrogen, it was only - 11 kg ha<sup>-1</sup> N. By 100 kg ha<sup>-1</sup> N and using more nitrogen fertilizer, like within sandy loam, the balance of nitrogen was positive (Fig. 7).

Using nitrogen fertilizer's rate from 150 to 250 kg ha<sup>-1</sup> N, environment gets from 1/3 to 1/5 of cultivated-in nitrogen, increasing, correspondingly, the pollution risk due agricultural activities.

Applying second-order-polynomial regression equities, there was stated feasible nitrogen balance by theoretically calculated, economically optimal nitrogen fertilizer. After cereals, within both soils, balance of nitrogen was a bit more positive; within loamy soil forming 22 kg ha<sup>-1</sup>, and sandy loam – 19 kg ha<sup>-1</sup> N. Using optimal nitrogen fertilizer rate within plots after potatoes,

within sandy loam, there was formed slightly negative balance of nitrogen:  $-4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ . Within loamy soil, on other hand, balance of nitrogen was solidly positive and made  $25 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  (Fig. 8). Due grass impact, within both soils, there is a predictable negative balance of nitrogen, and within sandy loam it was slightly smaller  $-20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , but within loamy soil – slightly higher and made  $31 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  (Fig. 8).

Using economically optimal nitrogen fertilizer, by various pre-crop and soil variants, the gained balance of nitrogen, on average, was close to zero:  $2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , and practically ensured nitrogen removal with yield.

### **Assessment of various nitrogen fertilizer optimization types**

During trials, apart from the six variants with fixed nitrogen fertilizer rates, there was one additional variant, with changeable nitrogen fertilizer rate. Changeable nitrogen fertilizer rate depended on nitrogen supply of plant, and this was stated by diagnosing nitrate content within bottom part of the stem of plants. The principal goal of the diagnostic variant was to compare the two methods of nitrogen fertilizer optimization: calculation method and diagnostical expressmethod with diphenylamine. Both the methods were compared by stating the required amount of nitrogen fertilizer, harvested grain yield, and balance of nitrogen within soil.

Economically optimal nitrogen rate, stated by the calculation method (N opt.), practically within all the trial variants, was different from the required amount of nitrogen (N diag.), stated by expressmethod. By the diagnostic variant, the average nitrogen rate, for all pre-crop and soil variants, was within  $71 - 80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , but the amount of economically optimal nitrogen fertilizer rate, made by calculations, fluctuated within a wider range: from  $61$  to  $136 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  (Table 5). By the variants where spring wheat was grown after cereals, nitrogen fertilizer rate, stated by diphenylamine method, was  $50 - 58 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  less than the theoretically calculated amount of nitrogen fertilizer, and grain yield was smaller (for  $0.24 \text{ t ha}^{-1}$ ) only in sandy loam. Greater amount, for  $28 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  of nitrogen fertilizer, was calculated practically by the variant where spring wheat was grown within loamy soil after potatoes, whereas grain yield, by both the variants, were practically identic.

On the other hand, when spring wheat was grown after grass, by nitrate diagnostic variant, the required nitrogen fertilizer rate was  $17 \text{ kg ha}^{-1}$  more than foreseen by the calculated, economically optimal nitrogen rate, in addition, grain yield, by economically optimal nitrogen fertilizer, was  $0.02$  to  $0.23 \text{ t ha}^{-1}$  smaller.

Analyzing average results, it turned out that, obtained by uniting all pre-crop and soil variants, average nitrogen fertilizer rate, calculated by nitrate diagnostic method, was  $77 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ , and average spring wheat yield made

3.57 t ha<sup>-1</sup>. Calculated, economically optimal nitrogen fertilizer rate was 98 kg ha<sup>-1</sup> N and average grain yield was 3.58 t ha<sup>-1</sup>.

Resulting from nitrogen fertilizer optimization methods, proved by trials, there were obtained identic average grain yields, but nitrate diagnostic variant required 21 kg ha<sup>-1</sup> N less nitrogen fertilizer than the economical optimum calculations variant.

Balance of nitrogen, by both the compared nitrogen fertilizer optimization methods, on average, was close to neutral, 2 and 2 kg ha<sup>-1</sup> N (Fig. 9). Consequently, on average, by all trial variants, both compared methods perfectly ensured required nitrogen amount for spring wheat.

Comparing nitrogen optimization methods within separate pre-crop variants, we see that their balance of nitrogen remarkably differs. More prominent balance deviations from zero were within calculated, optimal nitrogen fertilizer variants, both to positive and negative directions (Fig. 9). Nitrogen fertilizer rate, calculated by diagnostic method, ensured minor fluctuations of nitrogen balance, and they were close to zero.

Both compared nitrogen fertilizer optimization methods are suitable within definite conditions. Nitrogen diagnostic method (with diphenylamine) should be applied for nitrogen fertilizer rate's adjustment during wheat vegetation on the field, whereas optimal fertilizer calculation method is suitable for elaborating of the norms for fertilizing, summarizing the results of numerous serial trials.

## CONCLUSIONS

1. Essential impact spring wheat pre-crops leave upon nitrogen content within topsoil: major nitrogen stock, was left by grasses, on average 47 kg ha<sup>-1</sup>, in topsoil at 20 cm depth; minor – by cereals, on average 40 kg ha<sup>-1</sup> N in topsoil at 20 cm depth.
2. Within loamy soil, nitrogen stock within topsoil is, on average, 17 kg ha<sup>-1</sup> N higher than within sandy loam.
3. Using increased nitrogen fertilizer rates, mineral nitrogen content within loamy soil increased, mostly at topsoil (0 – 20 cm), but within sandy loam, it increased also at deeper layers (to 60 cm) proving that nitrogen pollution risk is higher within soil of lighter texture.
4. On average, during three years, nitrogen fertilizer rates 50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup> N increased the grain yield, as compared to the variant without nitrogen fertilizer, correspondingly, by 0.58, 0.81 0.83 t ha<sup>-1</sup> of grain, though, further increase of nitrogen fertilizer rate could not essentially increase grain yield.



5. Amount of spring wheat yield is affected by pre-crop: the greatest yield was obtained when growing wheat after potatoes – 0.4 – 0.7 t ha<sup>-1</sup> more than growing it after cereals and grasses.
6. As turned out, more suitable for growing spring wheat, was sandy loam, where the obtained yield made 0.27 – 0.40 t ha<sup>-1</sup> more grain than within loamy soil.
7. Content of crude protein and gluten increases along with the increase of nitrogen fertilizer rate, whereas the mass of thousand grains and grain volume-weight decreases. The falling number within sandy loam was not essentially affected by nitrogen fertilizer.
8. Calculated, economically optimal nitrogen fertilizer rates are influenced both by pre-crop and texture of soil: within sandy loam, after cereals, it is 136 kg ha<sup>-1</sup> N, after potatoes – 80 kg ha<sup>-1</sup> N, and after grass 61 kg ha<sup>-1</sup> N; within loamy soil; on the other hand, optimal nitrogen fertilizer rate after cereals was 130 kg ha<sup>-1</sup> N, after potatoes – 104 kg ha<sup>-1</sup> N, and after grass 75 kg ha<sup>-1</sup> N, and they ensured obtaining of qualitative grain yield.
9. Applying the calculated economically optimal nitrogen rate, within various pre-crop and soil variants, there was obtained, on average, positive balance of nitrogen: 2 kg ha<sup>-1</sup> N, practically ensuring nitrogen removal by yield.
10. By optimizing nitrogen fertilizer rate, one must consider the impact of pre-crops and texture of soil since it essentially changes the nitrogen supply of wheat, and the level of grain yield.
11. Both the compared nitrogen fertilizer optimization methods are suitable for definite conditions. Nitrogen diagnostic method (with diphenylamine) should be applied for nitrogen fertilizer rate's correction during wheat growth on the field, whereas optimal fertilizer calculation method is suitable for elaboration of norms for fertilization, summarizing results of numerous serial trials.

## PUBLIKĀCIJAS / PUBLICATIONS

1. Jermušs A. (2000) Vasaras kviešu ražības izmaiņas slāpekļa mēslojuma, priekšaugu un augsnes faktoru ietekmē. **No:** *Starptautiskās zinātniskās konferences referāti "Zinātne Latvija Eiropa"- "Science Latvia Europe"*, (2000. gada 22. – 24. maijs). Jelgava, LLU, 34. – 38. lpp.
2. Jermušs A. (2001) Slāpekļa mēslojuma, priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekme uz vasaras kviešu ražu. **No:** *Starptautiskās zinātniskās konferences referāti "Research for rural development"*, (2001. gada 23. – 25. maijs) Jelgava, LLU, 40. – 45. lpp.
3. Jermušs A., Vigovskis J. (2002) Vasaras kviešu raža un slāpekļa mēslojuma izmantošanās atšķirīgos augšanas apstākļos. *Agronomijas vēstis* Nr. 4., Jelgava 69. – 73. lpp.
4. Vigovskis J., Jermušs A. (2002) Circling of plant nutrients in sustainable agriculture models **In:** *Proceedings of the international conference "Traditionals and innovations in sustainable development of society"*, held in Rezekne, Latvia February 28 – March 2, 2002, p. 133. – 139.
5. Vigovskis. J., Jermušs A. (2002) Экономное и безопасное применение минеральных удобрений соответственно принципам правильного ведения сельского хозяйства. **In:** *Proceedings of the conference "Safe and economical agricultural technologies"*, held in Priekuli, Latvia July 25 – 26, 2002. p. 28. – 30.
6. Jermušs A., Vigovskis J. (2008) Nitrogen management effects on spring wheat yield and protein. *Agronomijas vēstis* Nr. 11., Jelgava. 224. – 229. lpp.

## REFERĀTI KONFERENCĒS / ORAL PRESENTATIONS

1. Jermušs A. Vasaras kviešu ražības izmaiņas slāpekļa mēslojuma, priekšaugu un augsnes faktoru ietekmē. *Starptautiskā zinātniskā konference "Zinātne Latvija Eiropa"- "Science Latvia Europe"*, (2000. gada 22. – 24.maijs.). Jelgava, LLU.
2. Jermušs A. Nitrogen management effects on spring wheat yield and protein. *The International scientific conference "Development of plant breeding and crop management in time and space"*. held in Priekuli, Latvia, July 16 – 18, 2000.
3. Jermušs A. Slāpekļa mēslojuma, priekšaugu un augsnes granulometriskā sastāva ietekme uz vasaras kviešu ražu. *Starptautiskā zinātniskā konference "Research for rural development"*, (2001. gada 23. – 25. maijs.) Jelgava, LLU.
4. Jermušs A. Circling of plant nutrients in sustainable agriculture models. *The international conference "Traditionals and innovations in sustainable development of society"*, held in Rezekne, Latvia Feb. 28 – March 2, 2002.
5. Jermušs A. Экономное и безопасное применение минеральных удобрений соответственно принципам правильного ведения сельского хозяйства. *The international scientific conference "Safe and economical agricultural technologies"*, held in Priekuli, Latvia July 25 – 26, 2002.

## STENDA REFERĀTI / POSTER PRESENTATIONS

1. Jermušs A. Slāpekļa mēslojuma efektivitāte pēc dažādiem priekšaugiem dažādās augsnēs. Stenda referāts LLU LF un LLMZA Zinātniskā konferencē. Jelgava, 10. – 11.02.2000.
2. Jermušs A. Slāpekļa mēslojuma optimizācija. Stenda referāts Viļānu lauksaimniecības izstādē. Viļāni, 08. – 09.07.2000.
3. Jermušs A., Vigovskis J. Slāpekļa mēslojuma optimizēšana vasaras kviešiem. Stenda referāts LLU LF un LLMZA Zinātniskā konferencē. Jelgava, 07. – 08.02.2001.
4. Jermušs A., Vigovskis J. Changes of cereals yield with influence of nitrogen fertilizers, previous crops and soil texture in Latvia. Stenda referāts NJF seminārā Nr. 322 "Optimal nitrogen fertilization – tools for recommendation" Ās, Norvēģija 29. –30.03.2001.
5. Jermušs A., Vigovskis J. Slāpekļa mēslojuma efektivitāte atkarībā no priekšauga un augsnes granulometriskā sastāva. Stenda referāts LLU LF un LLMZA Zinātniskā konferencē. Jelgava, 08. – 09.02.2001.