



Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Latvia University of Agriculture

SKAIDRĪTE BŪMANE

MINERĀLMĒSLOJUMA OPTIMIZĀCIJA GANĪBU AIRENES SĒKLAUDZĒŠANAS SĒJUMOS MINERĀLAUGSNĒS

OPTIMISATION OF MINERAL FETILIZERS FOR PERENNIAL RYEGRASS SEED PRODUCTION IN MINERAL SOILS

Promocijas darba **KOPSAVILKUMS**
Dr. agr. zinātniskā grāda iegūšanai

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

Darba zinātniskais vadītājs / Scientific supervisor:
prof., Dr. agr. Aleksandrs Adamovičs

Darba zinātniskais konsultants / Scientific advisor:
Dr. agr. Pēteris Bērziņš

Darba recenzenti / Reviewers:
Dr. biol. Ina Belicka, Dr. biol. Silvija Strikauska, Dr. agr. Ināra Līpenīte.

Disertācijas aizstāvēšana paredzēta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes atklātā sēdē 2009. gada 10. decembrī plkst. 10.00 LLU 123. auditorijā, Lielā ielā 2, Jelgavā.

The defence of thesis in open session of the Promotion Board of Agriculture will be held on December 10, 2009 at 10.00 AM in 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 ielā 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.

Jelgava 2009

SATURS / CONTENT

IEVADS	5
IZMĒĢINĀJUMU APSTĀKĻI UN METODEDES	7
IZMĒĢINĀJUMU REZULTĀTI	10
Ganību airesnes produktivitāte	10
Mēslojuma ietekme uz ganību airesnes kvalitāti	14
Ganību airesnes ražību noteicošie faktori un ražas struktūrelementi	17
Ganību airesnes fitometriskie rādītāji	19
Mēslošanas agronomiskās efektivitātes vērtējums	21
Ganību airesnes sēkludzēšanas ekonomiskais vērtējums	24
SECINĀJUMI	25
ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA	27
INTRODUCTION	31
MATERIALS AND METHODS	33
RESULTS	35
Productivity of perennial ryegrass	35
Fertilizer influence on perennial ryegrass quality	39
Determinant factors of perennial ryegrass productivity and yield formative elements	41
Phytometric indices	43
Evaluation of agronomic efficiency of fertilization	44
Economical evaluation of perennial ryegrass seed production	46
CONCLUSIONS	47

IEVADS

Viens no Latvijas lauksaimniecības politikas mērķiem ir izveidot un nostiprināt lauksaimniecību kā nozari, kas spētu konkurēt Eiropas Savienības (ES) koptirgū, tai skaitā ražot pasaules tirgus prasībām atbilstošu daudzgadīgo zālaugu sēklas materiālu, spējīgu konkurēt ar citu valstu sēklu piedāvājumu kvalitātes un ražošanas izmaksu jomā.

Valstiski svarīgi ir sakārtot sēklkopības sistēmu tā, lai Latvijas sēklaudzētājiem būtu iespējams piedāvāt saražoto sēklu Eiropas tirgū, kā arī apmierināt savas valsts vajadzības pēc zālaugu sēklas materiāla. Sēklu ražošanas ekonomiku veido gan bioloģiskie, ģenētiskie, gan arī saimnieciskie faktori, ko lielā mērā ietekmē pareizas zālaugu sēklu šķirnes un piemērotāko tehnoloģiju izvēle.

Sēklkopība ir ilgstošs un sarežģīts process, kas prasa detalizētu izpēti, zināšanas, pieredzi un tehnisko nodrošinājumu, lai iegūtu pietiekami lētu un Valsts standartiem atbilstošas kvalitātes sēklas materiālu. Pēc Zemkopības ministrijas informācijas datiem daudzgadīgo stiebrzāļu sēklu lauku kopplatība Latvijā 2008. gadā bija 1778.16 ha, t.sk. ganību airesnes sēklu lauki aizņēma 186.26 ha, no tās ganību airene 'Spīdola' sastādīja 101.26 ha.

Pētījumos un ilggadējā pieredzē noskaidrots, ka Latvijā augstražīgu zelmeņu ar ilgstošu ražotspēju veidošanai vispiemērotākās ir vietējos augsnes un klimata apstākļos izveidotās šķirnes un izaudzētās zālaugu sēklas. Produktīvu zālaugu kultivēšana un atbilstošas zāles lopbarības ieguve ir lopkopības pamats. Piemēram, lopbarības zālaugu sēklu lauku platības Eiropā ir pieaugušas no 98271 ha 1985. gadā līdz 237206 ha 2004. gadā (World Forage, 2006). Pētījumu rezultātu analīze parāda, ka pašlaik no lopbarības augiem vadošo vietu ieņem stiebrzāles un tauriņzieži. Pašreiz zālaugu sējumu struktūrā airesnes aizņem 40% no platības.

Arī Latvijā zāles lopbarība ir galvenais un lētākais lopbarības līdzeklis govju, citu liellopu sugu, aitu un kazu ēdināšanā. Augsts ganību zāles patēriņš ir pamats rentablai piena ražošanai. Lai uzlabotu ganību produktivitāti un zelmeņa kvalitāti, tiek meklētas un praksē pārbaudītas jaunas zālaugu šķirnes, no kurām var iegūt arī augstas sēklu ražas. ES stratēģijā ir uzsvērtā prasība samazināt un rūpīgi sabalansēt minerālmēsļu un citu ķīmisko vielu pielietojumu lauksaimniecībā, tāpēc svarīgi ir lai jaunās šķirnes būtu pieticīgas un plastiskas, spējīgas dot pietiekami augstas ražas bez intensīvas ķīmisko vielu pielietošanas.

Ganību airene (*Lolium perenne* L.) pasaulē ir viena no populārākajām un nozīmīgākajām stiebrzālēm. Arī mūsu valsts apstākļos ganību airenei ir ļoti liela saimnieciskā nozīme. To izmanto sēto daudzgadīgo zelmeņu izveidošanai ganībās, sēj pļavās un audzē tīrumos. Ganību airene ir augs, kuru izmanto, galvenokārt, daudzgadīgo zālaugu sēklu maisījumos sēto ganību ierīkošanai. Ņemot vērā to, ka

Latvijā selekcionētās šķirnes ir vietējiem apstākļiem vairāk piemērotas nekā importētās, nepieciešams attīstīt un paplašināt to sēklaudzēšanu, lai komerciāliem audzētājiem nodrošinātu pietiekama daudzuma vietējo ganību airesņu šķirņu sēklas materiālu. Tāpēc ir nepieciešamas papildus atziņas par ganību airesnes agrotehniku, ieskaitot mēslošanu, lai palielinātu tās produktivitāti un sēklaudzēšanas efektivitāti.

Šī darba mērķis bija noskaidrot līdz šim pietiekami neizpētītos ganību airesnes sēklkopības sējumu mēslošanas jautājumus. Ņemot vērā iepriekš teikto, tika izvirzīta pētījumu hipotēze: ganību airesnes sēklu ražas un to kvalitāti var ievērojami palielināt sabalansēta minerālmēslojuma normu lietošana.

Pētījuma mērķis: noskaidrot minerālmēslojuma optimizācijas ietekmi uz ganību airesnes produktivitātes veidošanos Latvijas agroklīmatiskajos apstākļos.

Darba uzdevumi:

- noteikt dažādu minerālmēslojuma normu ietekmi uz ganību airesnes virszemes biomasas ražību un ražas kvalitāti;
- noskaidrot ganību airesnes sēklu produktivitāti noteicošos faktorus un struktūrelementus;
- noteikt svarīgākos fitometriskos rādītājus dažādi mēslotos ganību airesnes zelmeņos;
- novērtēt minerālmēslojuma līdzekļu agronomisko un ekonomisko efektivitāti ganību airesnes sēklaudzēšanas sējumos.

Pētījuma novitāte:

- noskaidrota optimizēta minerālmēslojuma priekšrocības produktivitātes veidošanā un kvalitātes paaugstināšanā;
- izpētīti ganību airesnes ražu veidojošie struktūrelementi un fitometriskie rādītāji;
- noteikta minerālmēsļu pielietošanas efektivitāte ganību airesnes sēklaudzēšanas sējumos.

Izvirzīto darba uzdevumu veikšanai LLU aģentūras Zemkopības zinātniskajā institūtā laika posmā no 1999. līdz 2001. gadam tika ierīkoti un veikti atbilstoši lauka izmēģinājumi. Mēslojuma pēcietekmes pētījumi tika turpināti līdz 2003. gadam. Pētījumu rezultāti ir apkopoti 10 zinātniskās publikācijās, no tām 5 publikācijas ir ārzemju izdevumos un 8 publikācijas konferenču tēžu krājumos. Par pētījumu rezultātiem ir sniegti 5 mutiski un 8 stenda ziņojumi starptautiskās zinātniskās konferencēs. Uz izmēģinājumu bāzes ir veikta zemnieku apmācība, organizējot reģionālos seminārus – lauku dienas.

IZMĒĢINĀJUMA APSTĀKĻI UN METODES

Latvijas Lauksaimniecības universitātes (LLU) Lauksaimniecības fakultātes (LF) izstrādātās pētījumu programmas ietvaros LLU aģentūras Zemkopības zinātniskajā institūtā (ZZI) laika posmā no 1999. līdz 2003. gadam tika veikti pētījumi, ierīkojot lauka izmēģinājumus.

Pirmais izmēģinājums tika ierīkots 1999. gadā. Augsne – virsēji velēnglejtā, puteklains smilšmāls, vidēji iekultivēta, drenēta. Augsnes pH KCl – 6.33, organisko vielu saturs 23.1 g kg⁻¹, augiem izmantojamā fosfora saturs (P₂O₅) – 92.5, kālija saturs (K₂O) – 110.7 mg kg⁻¹.

Otrais izmēģinājums tika ierīkots 2000. gadā. Augsne – virsēji velēnglejtā, smaga mālsmilts, labi iekultivēta, drenēta. Augsnes pH KCl – 7.24, organisko vielu saturs 25.6 g kg⁻¹, augiem izmantojamā fosfora saturs (P₂O₅) – 96.3, kālija saturs (K₂O) – 66.6 mg kg⁻¹.

Trešais izmēģinājums ierīkots 2001. gadā. Augsne – velēnpodzolētā virsēji glejtā, smilšmāls, labi iekultivēta, drenēta. Augsnes pH KCl – 6.79, organisko vielu saturs 19.3 g kg⁻¹, augiem izmantojamā fosfora saturs (P₂O₅) – 156.0, kālija saturs (K₂O) – 142.3 mg kg⁻¹.

Visos izmēģinājumos iepriekšējā gada rudenī pirms ganību aireses sējas tika veidota melnā papuve. Nezāļu ierobežošanai lauki tika apstrādāti ar herbicīdu raundaps, deva 4 L ha⁻¹. Pēc izmēģinājuma iemērīšanas atbilstoši izmēģinājuma shēmai katram izmēģinājumu lauciņam atsevišķi tika izsēti fosfora (granulētais superfosfāts, 20% P₂O₅) un kālija (kālija hlorīds, 60% K₂O) minerālmēsli.

Ganību aireses sēja visos izmēģinājumos veikta maija vidū, izmantojot sējmašīnu ‘Nordsten’. Izsēta tetraploidās ganību aireses ‘Spīdola’ sēkla (dīgstspēja 99%), izsējas norma – 12 kg ha⁻¹, rindu attālums – 12.5 cm.

Nezāļu ierobežošanai visos izmēģinājumu gados ganību aireses zelmenī lietoja herbicīdu MCPA 750 1.5 L ha⁻¹ maisījumā kopā ar granstaru 10 g ha⁻¹.

Lauka izmēģinājumos tika pētīti trīs faktori (NPK) ar kopējo variantu skaitu 17, kuri bija iekārtoti 4 atkārtojumos pēc tā sauktās „zvaigžņu” shēmas (Хикс, 1967) papildinot to ar kontroles variantu N₀P₀K₀ + absolūtais maksimums N₁₂₀P₁₂₀K₁₆₀. Lauciņa kopējā platība 17.5 m² (5 m × 3.5 m), uzskaites – 13.5 m² (4.5 m × 3 m).

Datu apstrādes nolūkos, izmēģinājumu varianti tika grupēti un kodēti atbilstoši pielietotā mēslojuma normai. Izmēģinājumā salīdzināti pieci mēslošanas līmeņi. Slāpeklim – 0; 30; 60; 90 un 120 kg ha⁻¹ N, fosforam – 0; 30; 60; 90 un 120 P₂O₅ kg ha⁻¹, bet kālijam – 0; 40; 80; 120 un 160 kg ha⁻¹ K₂O. Izmēģinājuma variantu raksturojums, t.i. lietotais mēslojums ir parādīts 1. tabulā.

Meteoroloģisko apstākļu raksturojumam izmēģinājuma veikšanas gados tika izmantoti Skrīveru meteoroloģiskās stacijas dati. Kopumā visos izmēģinājumu gados meteoroloģiskie apstākļi bija samērā labvēlīgi ganību aireses augšanai un attīstībai. Tomēr vislabākie laika apstākļi aireses ražas veidošanai bija 2002. gadā,

bet sliktākie – 2000. gadā, – šajos gados tika novērotas arī lielākās sēklu ražas svārstības.

1. tabula / Table 1

Variantu apzīmējums un lietotās minerālmēslu (NPK) normas, kg ha⁻¹
Designation of treatments and applied plant nutrients (NPK), kg ha⁻¹

Variants / Treatment	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Variants / Treatment	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₆₀	60	60	160
N ₀ P ₆₀ K ₈₀	0	60	80	N ₆₀ P ₁₂₀ K ₈₀	60	120	80
N ₃₀ P ₃₀ K ₄₀	30	30	40	N ₉₀ P ₃₀ K ₄₀	90	30	40
N ₃₀ P ₃₀ K ₁₂₀	30	30	120	N ₉₀ P ₃₀ K ₁₂₀	90	30	120
N ₃₀ P ₉₀ K ₄₀	30	90	40	N ₉₀ P ₉₀ K ₄₀	90	90	40
N ₃₀ P ₉₀ K ₁₂₀	30	90	120	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀	90	90	120
N ₆₀ P ₀ K ₈₀	60	0	80	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₈₀	90	60	80
N ₆₀ P ₆₀ K ₀	60	60	0	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₆₀	120	120	160
N ₆₀ P ₆₀ K ₈₀	60	60	80				

Piezīme. Pieraksta ērtības labad turpmāk šādi un analogiski apzīmējumi P₆₀K₈₀ norādīs attiecīgi P₂O₅ un K₂O normu, izteiktu kg ha⁻¹.

Note. Here and hereafter – P₆₀K₈₀ and similar designates amount of P₂O₅ and K₂O in kg ha⁻¹ respectively.

Izmēģinājumos ganību aireses sēklu lauku 1. un 2. izmantošanas gadā (2002. un 2003.) no zelmeņa tika ņemti zāles paraugi fotosintētiskās darbības novērtēšanai, katrā lauciņā nopļaujot ar sirpi 0.5 m² lielu platību. No nopļautās masas tika noņemts 200 g liels paraugs 2 atkārtojumos. Paraugu izmantoja augu lapu virsmas laukuma indeksa (LLI) noteikšanai. To noteica ar disku metodi (Ničiporovičs u.c. 1961). Fotosintēzes tīrā produktivitāte (FTP) tika noteikta pēc Kidda, Vesta un Briggsa metodes (Ničiporovičs u.c., 1961).

Ganību aireses zelmeņa, trijos, 1. izmantošanas gada izmēģinājumos no 1. plāvuma tika uzskaitīta zāles zaļās masas raža. Zaļmasas paraugi tika noņemti no sēklu ražai paredzētajiem lauciņiem no tiem izpļaujot 1 m² lielu platību un atrēķinot šo platību no sēklu lauciņu platības. No katra mēslojuma varianta 2 atkārtojumos zelmeni nopļaujot ziedēšanas sākumā tika noņemti 1 kg lieli zaļmasas paraugi, kurus nosvēra ar precizitāti ±0.01 kg. Paraugus izmantoja sausnas noteikšanai (žāvējot 105 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai).

Pirms sēklu ražas novākšanas no katra izmēģinājumu lauciņa 4 atkārtojumos ar rāmīti no 0.05 m² lielas platības tika noņemti 72 paraugkūļi ražas struktūras analīzei. Analizēja vārpas produktivitāti (stiebru skaitu, stiebru garumu, vārpiņas skaitu vārpā, sēklu skaitu vārpiņā), ko veica katram ievāktajam paraugam 2 atkārtojumos. 1000 sēklu masu noteica pēc standartmetodes (ISO 520).

Izturību pret veldrēšanos noteica pirms ražas novākšanas vizuāli apsekojot katru izmēģinājumu lauciņu. Tā tika izteikta ballēs, pieņemot, ka 9 balle ir tad, kad veldres sējumā praktiski nav, 1 balle – sējums visā lauciņa platībā ir sagūlis.

Ražas novākšanas laikā no katra varianta tika ņemti sēklas paraugi (aptuveni 0.2 kg katrs) sēklas kvalitātes un ķīmiskā sastāva noteikšanai.

Ganību aireses sēklu raža novākta ar kombainu 'Sampo 130', sēklu pilngatavības sākumā, nosakot gan sēklu, gan arī salmu ražas. Ražas dati izteikti pie 100% sēklu tīrības un 15% standartmitruma.

Augsnes paraugu analīzes tika veiktas LLU Augsnes un augu zinātņu institūta laboratorijā. Augsnes granulometriskais sastāvs noteikts izmantojot pipetēšanas metodi (ISO/DIS 11277). Humusa saturs noteikts pēc Tjurina metodes (LV ST ZM 80–91), augsnes reakcija – potenciometriski (ISO 10390). Augiem izmantojamā fosfora un kālija saturs noteikts pēc Egnera–Rīma (DL) metodes (LV ST ZM 82–97).

Augu paraugu ķīmiskās analīzes tika veiktas ZZI Analītiskajā laboratorijā, izmantojot Latvijas Valsts noteiktās standartmetodes: sausu noteica paraugu žāvējot 105 °C temperatūrā līdz nemainīgai masai (ISO 6496), kopējo slāpekli pēc Kjeldāla metodes (ISO 5983), kopproteīnu – reizinot kopslāpekļa saturu ar koeficientu 6.25. Tākus noteica pēc Soksleta metodes (ГОСТ 1349.15–85), kokšķiedru pēc Hennenberga–Štomaņa metodes (ГОСТ 13496.2–84), koppelnu – paraugu sadedzinot mufelkrāsnī 550 °C temperatūrā (ISO 5984). Fosfora, kālija un kalcija noteikšanai tika gatavots pelnu izvilkums. Fosforu noteica kolorimetriski (ISO 6491), kalciju – titrējot ar trilonu B (ISO 6490/1), bet kāliju – ar liesmas fotometru (LV ST ZM 82 – 97). Bezslāpekļa ekstraktvielas tika aprēķinātas kā starpība starp kopējo parauga masu un mitruma, koppelnu, kopproteīna, koptauku un kopējās kokšķiedras saturu augos. Sausnas sagremojamību – pēc aprēķinu metodes (ГОСТ 24230–80).

Ķīmiskās analīzes tika veiktas augu zaļmasai, sēklai un salmiem. Pēc ražas lieluma un sēklu un salmu ķīmiskā sastāva tika aprēķinātas N, P₂O₅ un K₂O iznesas. Lai noskaidrotu augsnē esošo fosfora un kālija savienojumu un ar minerālmēsliem lietoto augu barības vielu izmantošanos, tika pielietota „starpības” metode.

Mēslošanas agronomiskā efektivitāte tika izskaitļota iegūto ganību aireses ražas pieaugumu mēslojuma ietekmē dalot ar patērēto augu barības elementu masu.

Ekonomiskajiem aprēķiniem izmantotas minerālmēslu cenas, kādas tās vidēji bija 2008. gadā pēc Lauksaimniecības Tirdzniecības centra (LTVC) datiem. Pētījumos lietotajiem minerālmēslu veidiem 1 kg slāpekļa tīrvielas cena sastādīja 0.70 Ls, fosfora (P₂O₅) – 0.90 Ls, kālija (K₂O) – 0.54 Ls.

Dati statistiski analizēti, izmantojot dispersijas, korelācijas un daudzfaktoru regresijas analīzi (*Excel*).

IZMĒĢINĀJUMU REZULTĀTI

Ganību aireses produktivitāte

Sēklu raža. Vidēji 3 izmēģinājumu gados pa variantiem vidējā sēklu raža 1. izmantošanas gada zemeņos sasniedza 591 kg ha⁻¹, bet 2. izmantošanas gada zemeņos – 384 kg ha⁻¹, t.i. par 35% mazāka. Vidēji vislielākā ganību aireses pirmā izmantošanas gada sēklu raža tika iegūta 2002. gadā – 645 kg ha⁻¹, bet vismazākā – 485 kg ha⁻¹ – 2000. gadā.

Pētījumos konstatēts, ka atkarībā no lietotā mēslojuma sēklu ražas pieaugumu ar 95% ticamību ir nodrošinājušas visas slāpekļa mēslojuma normas.

Pirmajā izmantošanas gadā dodot N mēslojumu pieaugošās normās – 30 – 60 – 120 kg ha⁻¹ salīdzinājumā ar kontroles variantu (N₀) iegūti sēklu ražas pieaugumi attiecīgi par 59.4 – 76.2 – 93.9 – 107.0%.

Tomēr slāpekļa mēslojuma efektivitāte sēklu ražas palielināšanā līdz ar mēslojuma normu pieaugumu samazinājās, to apliecina aprēķini par sēklu ražas pieaugumu, izsakot uz 1 kg iedotā N mēslojuma. Lietojot normu N₃₀ uz 1 kg N mēslojuma iegūti 5.9 kg sēklu, bet N₆₀, N₉₀ un N₁₂₀ sēklu pieaugumi uz 1 kg N iegūti attiecīgi 4.6, 3.6 un 3.1 kilogrami. Izvērtējot sēklu ražas pieaugumus no katras nākamās N mēslojuma normas salīdzinājumā ar iepriekšējo, konstatēts, ka palielinot N normas no 30 uz 60 kg ha⁻¹ uz 1 kg N iegūti tikai 1.9 kg sēklu, bet palielinot no 60 uz 90 un no 90 uz 120 uz katru N mēslojuma kilogramu iegūti tikai attiecīgi 2.0 un 1.5 kg sēklu.

Otrajā izmantošanas gadā N mēslojuma ietekme uz sēklu ražu bija ievērojami lielāka, – N mēslojuma normu 30 – 60 – 90 un 120 ietekmē sēklu raža salīdzinājumā ar kontroli pieauga attiecīgi par 91.2 – 216.8 – 320.8 – 384.0 %. Šie dati liecina par ievērojami lielāko N mēslojuma ietekmi un nozīmi sēklu lauku 2. izmantošanas gadā.

Arī kālija mēslojums pozitīvi ietekmēja sēklu ražu – ar katru nākamā kālija mēslojuma normu palielinājās sēklu ražas pieaugums. Tomēr statistiski būtisks pieaugums pret kontroles variantu K₀ konstatēts tikai abu lielāko kālija mēslojuma normu lietošanas variantos – 120 un 160 kg ha⁻¹ K₂O.

Fosfora mēslojumam uz ganību aireses sēklu ražas lielumu izteiktas ietekmes likumsakarības nav konstatētas. Vislielākā sēklu raža iegūta variantā ar fosfora mēslojuma normu 90 kg ha⁻¹, tomēr pieaugums nav būtisks ar 95% ticamību.

Ganības aireses sēklu lauku 2. izmantošanas gadā slāpekļa mēslojuma efektivitāte bija sekojoša: uz katru iedotā N mēslojuma N₃₀ norma nodrošinājusi 3.8 kg sēklu ražas pieaugumu, bet lietojot N₆₀ – N₉₀ – N₁₂₀ attiecīgi iegūti 4.5, 4.5 un 4.0 kg sēklu uz kg pielietotā slāpekļa.

Palielinot N normas no 30 līdz 60, ar katru iedotā N kg iegūti 1.9 kg sēklu, no 60 līdz 90 un no 90 līdz 120 – attiecīgi sēklu ražas pieaugumi bijuši 2.0 un 1.5 kg. Šie dati apliecina, ka ganību aireses 'Spīdola' sēklu lauki 2. izmantošanas gadā

lielākus sēklu ražas pieaugumus nodrošina palielinātas slāpekļa mēslojuma normas – t.i. N₉₀ kg ha⁻¹.

Arī 2. izmantošanas gadā vidēji vislielākā (554 kg ha⁻¹) ganību aireses sēklu raža tika iegūta 2003. gadā, bet vismazākā (259 kg ha⁻¹) 2001. gadā. Līdzīgi kā 1. izmantošanas gadā, arī 2. izmantošanas gadā visos slāpekļa mēslojuma variantos iegūti būtiski sēklu ražas pieaugumi. Arī katra nākamā kālija un fosfora mēslojuma norma ir devusi sēklu ražas pieaugumu pret kontroles variantu, kaut gan būtisks tas ir tikai lielākās kālija mēslojuma normas (K₁₆₀ kg ha⁻¹) variantā. Būtisks sēklu ražas pieaugums iegūts arī trijos fosfora mēslojuma normu variantos – 60, 90 un 120 kg ha⁻¹ P₂O₅ (2. tab.). Gan fosfora, gan kālija norma P 60 kg ha⁻¹ un K 90 kg ha⁻¹ 2. izmantošanas gadā izsaukušas būtisku sēklu ražas pieaugumu salīdzinājumā ar mazāko attiecīgā mēslojuma normu.

Rezumējot mūsu pētījumus par mēslojuma ietekmi uz ganību airesi sēklu lauku ražība 1. un 2. izmantošanas gada zelmeņos, var secināt, ka 1. izmantošanas gadā efektīvākās ir mazākās N normas – 30 un 60 kg ha⁻¹ – iegūti 5.9 un 4.6 sēklu uz 1 kg dotā N pret 3.6 un 3.1 kg dodot attiecīgi N₉₀ un N₁₂₀, turpretī 2. izmantošanas gadā no N normām – 60 un 90 kg ha⁻¹ – abos gadījumos iegūti 4.5 kg sēklu uz 1 kg dotā N pret 3.7 un 4.0 kg dodot attiecīgi N₃₀ un N₁₂₀.

Fosfora mēslojums 1. izmantošanas gadā efektīvāks bija ar normām 60 un 90 kg ha⁻¹ – iegūti 0.28 un 0.34 kg sēklu uz 1 kg dotā P₂O₅. Otrajā izmantošanas gadā fosforam ir lielāka nozīme salīdzinot ar 1. izmantošanas gadu: lietojot fosfora normas – 60, 90 un 120 kg ha⁻¹ iegūti 0.8, 0.4 un 0.4 kg sēklu uz 1 kg dotā P₂O₅.

Savukārt, kālija mēslojumam efektīvāka norma 1. izmantošanas gadā bija K₄₀, – iegūti 0.85 kg sēklu uz 1 kg K₂O. Kālija normas 80, 120 un 160 kg ha⁻¹ devušas attiecīgi 0.48, 0.38 un 0.56 kg sēklu ražas pieaugumu. 2. izmantošanas gada zelmeņos kālijam nav bijusi ievērojama nozīme sēklu ražas palielināšanā.

Analizējot sēklu ražas pieaugumus kopā abos izmantošanas gados konstatēts, ka agronomiski efektīvākā slāpekļa norma ir bijusi N₃₀ – iegūts 10.6 kg sēklu uz 1 kg dotā N, fosfora – P₆₀ – iegūts 1.1 kg sēklu un kālija – K₁₆₀ – iegūts 0.8 kg sēklu uz 1 kg dotā mēslojuma tīrvielas (2. tabula). Tātad, var prognozēt, ka agronomiski izdevīgākā NPK mēslojuma norma sēklu laukos ir N₃₀P₆₀K₁₆₀.

Lai noteiktu lietoto barības elementu kopējo ietekmi uz ganību aireses sēklu ražu, kā arī to mijiedarbību, veikta regresijas analīze atsevišķi katram izmēģinājumu gadam. Iegūtos rezultātus apraksta pirmais un otrais vienādojums.

Pirmajam izmantošanas gadam:

$$Y = 322.61 + 5.081 N + 0.484 P + 0.92 K - 0.023 N^2 - 0.007 P^2 + 0.012 NP - 0.009 NK; \quad R^2 = 0.65 \quad (1)$$

Otrajam izmantošanas gadam:

$$Y = 83.80 + 5.15 N + 0.39 P + 0.16 K - 0.008 N^2 - 0.0017 NP; \quad R^2 = 0.76. \quad (2)$$

Ganību aireses sēklu ražas pieaugumi kopā abos izmantošanas gados atkarībā no NPK mēslojuma, 2000. – 2003. gadā
Seed yield increase of perennial ryegrass depending on NPK fertilizers, 2000 – 2003

Mēslojums / Fertilizer, kg ha ⁻¹	Sēklu raža / Seed yield, kg ha ⁻¹	Sēklu ražas pieaugums / Increase of seed yield, kg ha ⁻¹			
		salīdzinot ar kontroli / Compare to control	RS _{0.05} / LSD _{0.05}	salīdzinot ar iepriekšējo mēslojuma devu / Compare to previous dose of fertilizer	RS _{0.05} / LSD _{0.05}
N		P ₂ O ₅ – 60 kg ha ⁻¹ ; K ₂ O – 80 kg ha ⁻¹			
0	470	–	–	–	–
30	788	318*	49.1	318*	49.1
60	1004	534*	46.3	216*	36.6
90	1195	725*	49.1	191*	36.6
120	1319	849*	56.7	124*	49.1
P ₂ O ₅		N – 60 kg ha ⁻¹ ; K ₂ O – 80 kg ha ⁻¹			
0	957	–	–	–	–
30	957	0	63.4	0	63.4
60	1022	65*	61.3	65*	36.6
90	1026	69*	63.4	4	36.6
120	1003	46	80.2	-23	63.4
K ₂ O		N – 60 kg ha ⁻¹ ; P ₂ O ₅ – 60 kg ha ⁻¹			
0	949	–	–	–	–
40	974	25	63.4	25	63.4
80	1004	55	61.3	30	36.6
120	1009	60	63.4	4	36.6
160	1083	134*	80.2	74*	63.4

* – būtisks ar 95% ticamību

* – significant at 95% level

Slāpekļa ietekme ir atkarīga no zelmeņa vecuma. Tā, sēklu lauku 1. izmantošanas gadā pakāpeniski palielinot N normas no N₃₀ līdz N₁₂₀ sēklu raža palielinājusies par 59.4 – 107.0%, bet vislielākie sēklu ražas pieaugumi uz katru dotā N kg iegūti ar slāpekļa mēslojuma normām līdz 60 kg ha⁻¹, turpretī 2. izmantošanas gadā – palielinot N normu no 30 līdz 120 sēklu raža pieaugusi par 91.2 – 384.0%, lielākie ražas pieaugumi iegūti ar N mēslojuma normām N₉₀₋₁₂₀ kg ha⁻¹.

Šādas likumsakarības var izskaidrot ar to, ka 1. izmantošanas gadā biežākais zelmenis veidojas lielāku N mēslošanas normu ietekmē vairāk cieš no pārlietu lielas veldres, tā zaudējot daļu sēklu ražas, turpretī 2. izmantošanas gadā lielākās slāpekļa minerālmēslojuma normas veicina labāku zelmeņa veidošanos, bet tas ir retāks un veldre šeit izteikti ievērojami mazāk.

Zelmeņu sausnas raža. Lauka izmēģinājumos ganību aireses zāles ražas lielums un kvalitāte tika izvērtēta 1. izmantošanas gada 1. plāvuma ražai

ziedēšanas sākumā. Vidēji 1. izmantošanas gadā augstākā zāles sausnas raža tika ievākta 2001. gadā – 5.16 t ha⁻¹, vidēji trijos gados – 4.58 t ha⁻¹. Salīdzinot zāles ražas pa dažādiem mēslojuma foniem, pierādījās lielā slāpekļa mēslojuma nozīme ražas veidošanā – visos slāpekļa mēslojuma lietošanas variantos tika iegūti statistiski būtiski ganību airesnes zāles sausnas ražas pieaugumi.

Vidēji pa trim izmēģinājumu gadiem būtisku ražas pieaugumu nodrošinājusi katra nākamā lietotā slāpekļa mēslojuma norma, salīdzinājumā ar iepriekšējo (N₆₀ pret N₃₀, N₉₀ pret N₆₀, N₁₂₀ pret N₉₀). Tomēr slāpekļa mēslojuma normām pieaugot no N₀ līdz N₁₂₀, slāpekļa mēslojuma efektivitāte pakāpeniski pazeminājās. Tā, vidēji pa visiem PK fona variantiem un 3 izmēģinājumu gadiem N₃₀ normas ietekmē zāles sausnas raža, salīdzinājumā ar N₀ variantu, pieaugusi par 1.56 t ha⁻¹ t.i. par 67% salīdzinot ar kontroles variantu, – uz 1 kg dotā N iegūstot 52.0 kg sausnas. N₆₀ normas ietekmē zāles sausnas ražas pieaugums sastādīja 2.30 t ha⁻¹ kas ir par 99% vairāk nekā kontrolē, bet uz 1 kg N iegūti 38.3 kg zāles sausnas. N normas 90 un 120 attiecīgi nodrošināja zāles ražas pieaugumus par 3.21 un 3.72 t ha⁻¹ – par 138 un 160% vairāk nekā kontroles variantā, bet zāles ražas pieaugums uz 1 kg dotā N bija tikai 35.7 un 31.0 kg sausnas. Relatīvi mazākā slāpekļa mēslojuma atdeve ar iegūto zāles ražu konstatēta N normai 120 kg ha⁻¹, palielinot N normu no 90 līdz 120 kg ha⁻¹ uz katru iedoto N kg iegūti tikai 17.0 kg zāles sausnas. Nosakot ganību airesnes zāles sausnas ražas izmaiņu ietekmes korelācijas rādītājus, iegūta jau iepriekš pieminētā tendence – slāpekļa mēslojumam ir cieša pozitīva korelācija ar zāles sausnas ražas lielumu (3. tabula).

Arī kālija mēslojuma normu palielināšana ir atstājusi būtisku pozitīvu efektu uz zāles sausnas ražas pieaugumu. 2001. gadā un vidēji pa trim izmēģinājumu gadiem (variantos K₁₂₀₋₁₆₀) zāles sausnas ražas pieaugums bija būtisks.

Turpretim fosfora mēslojuma normas palielināšanas rezultātā iegūtais ražas pieaugums nav bijis būtisks 95% ticamības līmenis, kaut gan pieauguma tendence tas uzrādīja, izņemot 2002. gadu.

No NPK mēslojuma līdzekļiem vislielākā ietekme uz zāles sausnas ražas lielumu bija N mēslojumam – tā ietekmē zāles raža pieauga līdz ar mēslojuma normu palielināšanu. Tā, pakāpeniski palielinot N normu no 30 līdz 120 kg ha⁻¹ (30 – 60 – 90 – 120), zāles raža salīdzinājumā ar kontroles variantu (N₀) pieaugusi attiecīgi par 67, 99, 138 un 160%. Tomēr vislielākā N mēslojuma efektivitāte, rēķinot pēc zāles sausnas pieauguma uz 1 kg dotā N uzrādījās N₃₀ un N₆₀ variantos (attiecīgi 52.0 un 38.3 kg sausnas).

Dotot paaugstinātas N normas (N₉₀ un N₁₂₀), kopumā tika iegūts zāles ražas pieaugums, tomēr tas uz 1 kg iestrādāta N samazinājās, sastādot attiecīgi 35.7 un 31.0 kilogrami. Tātad arī no efektivitātes viedokļa, der izvērtēt N mēslojuma normu lieluma izdevīgumu.

Fosfora mēslojums pozitīvi ietekmēja zāles sausnas ražību tikai līdz zināmai normai – P₂O₅ 30 kg ha⁻¹, turpmāka fosfora mēslojuma normas palielināšana tikai uzrādīja pozitīvu tendenci, bet zāles ražas pieaugumi nebija statistiski būtiski.

Palielinātās P mēslojuma normas ietekmē (P₁₂₀) zāles sausnas raža nedaudz pat samazinājās.

Kālija mēslojuma pozitīvā ietekme uz zāles sausnas ražas pieaugumu bija lielāka nekā fosfora mēslojumam, – pat palielinātās K mēslojuma normas – 120 – 160 kg ha⁻¹ K₂O deva statistiski būtiskus ražas pieaugumus.

Mēslojuma ietekme uz ganību airesnes kvalitāti

Zāles sausnas ražas kvalitāte. Zāles ražas kvalitāti raksturo ķīmiskais sastāvs, kuru ietekmē augu bioloģiskās īpatnības, novākšanas režīms un augšanas faktori. Koproteīna saturs ir lopbarības kvalitātes noteicošais rādītājs.

Veiktajos izmēģinājumos koproteīna un bezslāpekļa ekstraktvielu saturs zāles saunā vidēji visaugstākais bijis 2000. gadā – attiecīgi 10.89% un 58.45%. Turpmākajos gados šie rādītāji bija zemāki, turpretim kokšķiedras saturs vidēji izmēģinājumā visaugstākais bijis 2002. gadā – 28.76%. Attiecīgi arī sausnas sagremojamība vismazākā bijusi 2002. gadā – 50.37%, bet vidējais koptauku saturs visaugstākais konstatēts 2001. gadā – 3.12%. Koproteīna satura, kā arī tā ievākumu ar zāles ražu ievērojami ietekmēja slāpekļa mēslojums. Tā, pie vienāda PK mēslojuma (P₆₀K₈₀) slāpekļa norma N₆₀ vidēji trīs gados palielināja koproteīna saturu zāles saunā par 0.14%, tā kopieguvi – par 218 kg ha⁻¹, bet slāpekļa normas N₁₂₀ ietekmē koproteīna saturs vidēji pieauga par 2.66%, kopieguvei palielinoties par 502 kg ha⁻¹. Tātad, slāpekļa mēslojuma norma N₆₀ nodrošinājusi koproteīna ieguves pieaugumu salīdzinot ar N₀ variantu par 98%, iegūstot 3.6 kg uz 1 kg dotā N, bet N₁₂₀ norma palielinājusi koppproteīna ieguvu par 226%, nodrošinot uz 1 kg N – 4.2 kg koppproteīna ieguvu.

Slāpekļa mēslojumam ir bijusi cieša pozitīva ietekme arī uz koproteīna un koptauku satura izmaiņām ganību airesnes zāles ražas saunā, kā arī cieša negatīva ietekme uz bezslāpekļa ekstraktvielu saturu. Analizējot zāles kvalitātes rādītājus atkarībā no fosfora un kālija mēslojuma konstatēts, ka ne fosforam, ne kālijam nav bijusi cieša ietekme uz pētīto kvalitātes rādītāju izmaiņām (skat. 3. tab.).

Izmēģinājumos kokšķiedras saturs vidēji trīs izmēģinājumu gados mainījās robežās no 24.7% līdz 29.0%. Palielinot NPK normas, kokšķiedras saturs ganību airesnes zāles saunā būtiski nav palielinājies. Ganību airenei ir laba sausnas sagremojamība, – izmēģinājumos vidēji trīs izmantošanas gados tā bija 61%. Bezslāpekļa ekstraktvielas (BEV) vidēji trīs izmēģinājumu gados bija 54.1%. Palielinoties slāpekļa normām BEV saturs zāles saunā samazinājās, tas ir loģiski, jo palielinājās koproteīna saturs.

Rezumējot atziņas par minerālmēslojumu ietekmi uz ganību airesnes sausnas ražas kvalitāti var secināt: ka zāles ražas kvalitātes rādītājus visvairāk ietekmēja N mēslojums – tā iedarbības rezultātā pieauga gan proteīna saturs zāles saunā, gan koproteīna kopieguve no hektāra.

Zāles sausnas rādītāju un NPK mēslojuma normu sakarības 1. izmantošanas gada 1. plāvumā (korelācijas koeficienti)

Correlation coefficients for grass dry matter yield and its quality

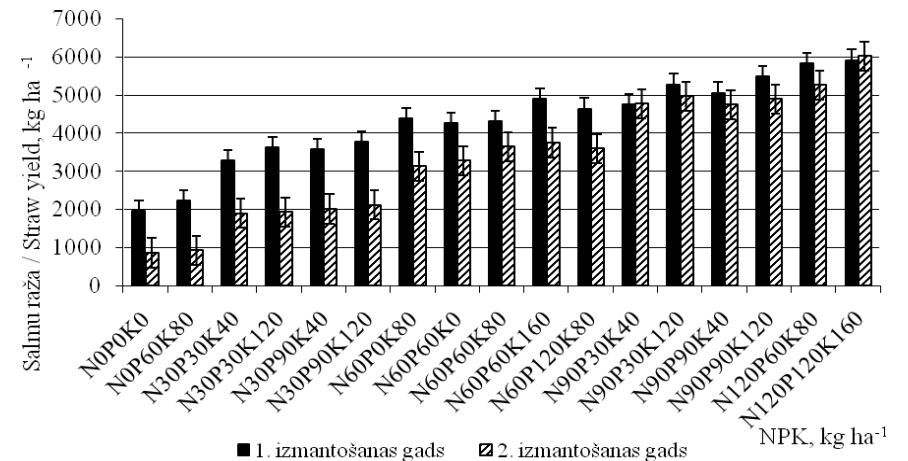
Barības elements / Plant nutrient	Izmēģinājuma gads / Trial year			Vidēji / Average
	2000	2001	2002	
Zāles sausnas ražas izmaiņas / Changes in dry matter yield				
N	0.90	0.87	0.92	0.95
P	0.47	0.42	0.24	0.39
K	0.41	0.50	0.40	0.46
Kopproteīna satura izmaiņas / Changes in crude protein content				
N	0.75	0.83	0.84	0.88
P	0.20	0.36	0.45	0.36
K	0.29	0.50	0.55	0.48
Kokšķiedras satura izmaiņas / Changes in crude fiber content				
N	0.11	0.55	0.23	0.41
P	-0.04	-0.11	0.44	0.09
K	-0.05	0.24	0.28	0.20
Koptauku satura izmaiņas / Changes in crude fat content				
N	0.65	0.74	0.78	0.89
P	0.33	0.53	0.34	0.48
K	0.22	0.26	0.50	0.41
Bezslāpekļa ekstraktvielu satura izmaiņas / Changes in N-free extracts				
N	-0.61	-0.82	-0.72	-0.81
P	-0.14	-0.27	-0.55	-0.36
K	-0.19	-0.49	-0.56	-0.46

$r_{0.05} = 0.482$

Tā, N₆₀ un N₁₂₀ variantos salīdzinot ar N₀ (P₆₀ K₈₀ fonā) kopproteīna saturs zāles sausnā attiecīgi pieauga par 0.14 un 2.66%, bet kopproteīna ieguve no hektāra palielinājās par 98 un 226%.

Salmu raža un ķīmiskais sastāvs. Izmēģinājumos augstākās salmu ražas vidēji trīs gados tika iegūtas 1. izmantošanas gadā – no 1958 kg līdz 5918 kg ha⁻¹, 2. izmantošanas gadā – vidēji no 862 līdz 6013 kg ha⁻¹. Palielinot slāpekļa normas, palielinājās salmu raža (1. att.).

Slāpekļa mēslojums ganību airesnes salmu ražas lielumu 1. izmantošanās gadā neietekmēja. Par to liecina aprēķini par salmu ražas pieaugumu, izsakot uz 1 kg iedotā N mēslojuma. Dodot N₃₀ uz 1 kg N mēslojuma iegūti 49.2 kg salmu, dodot N₆₀, N₉₀ un N₁₂₀ attiecīgi 40.1, 33.9 un 31.49 kg ha⁻¹ salmu.



1. att. Ganību airesnes salmu sausnas ražas atkarībā no mēslojuma (vidēji 3 izmantošanas gados).

Fig. 1. Straw yield of perennial ryegrass in the 1st and 2nd production year (in average for 3 trial years).

RS_{0.05} / LSD_{0.05} – 576.2,

RS_{0.05} / LSD_{0.05} – 365.8

NPK mēslojuma ietekmē mainījās kopproteīna saturs salmos. Tā, 2000. gadā kontroles varianta (N₀P₀K₀) salmu ražas sausnā kopproteīna saturs bija 2.54%, bet pieaugot mēslojuma normām tas palielinājās līdz 5.19% (N₁₂₀P₁₂₀K₁₆₀). Viszemākais kopproteīna saturs bija 2001. gadā, – kontroles variantā tas bija 1.89%, bet variantā N₁₂₀P₁₂₀K₁₆₀ – 4.38%. Savukārt 2002. gadā tas attiecīgi bija 2.11% un 4.59%. Tādejādi palielinot slāpekļa normas, pieauga arī kopproteīna saturs salmos.

Mēslojuma normas būtiski neietekmēja kokšķiedras saturu salmos. Augstākais kokšķiedras saturs salmos bija 2001. gadā, – vidēji 43.55%, bet kopproteīna saturs šajā gadā bija viszemākais, – vidēji 2.74%.

Koptauku saturu salmos vidēji trīs izmēģinājumu gados bija 1.79%. Lietotais mēslojums koptauku saturu salmos būtiski neietekmēja. Bezslāpekļa ekstraktvielu (BEV) saturs salmu sausnā vidēji trijos izmēģinājumu gados bija 50.32%. Arī BEV saturu dažādas mēslojuma normas būtiski neietekmēja.

Tā kā mēslojuma ietekmē salmu kvalitāte mainījās maz, tad arī ganību airesnes ‘Spīdola’ salmu sagremojamība NPK mēslojuma normu ietekmē būtiski nemainījās un sastādīja vidēji 28.75%.

Fosfora mēslojums pozitīvi ietekmēja fosfora saturu ganību airesnes salmos, – vidēji trīs izmēģinājumu gados tas palielinājās no 0.12% kontroles variantā līdz 0.16% N₁₂₀P₁₂₀K₁₆₀ variantā. Kālija mēslojuma ietekmē ievērojami mainījās kālija saturs salmos. Paaugstinātu kālija mēslojuma normu ietekmē kālija saturs salmu

sausnā palielinājās. Vidēji trīs izmantošanas gados kālija saturs salmos bija 1.42%, tas palielinājās no 1.24% kontroles variantā līdz 1.62% $N_{120}P_{120}K_{160}K_2O$ variantā.

Mēslojumu normu palielināšana būtiski nav ietekmējusi kalcija un magnija saturu salmos. Vidēji trīs izmēģinājumu gados tas bija 0.24% CaO. Savukārt magnija saturs vidēji pa trim izmēģinājumu gadiem bija 0.13% MgO – visaugstākais tika iegūts 2002. gadā – 0.16%.

Sēklu ķīmiskais sastāvs. Izmēģinājumos tika izvērtētas sējumu 1. izmantošanas gadu sēklas. Palielinot slāpekļa mēslojuma normas pieauga slāpekļa saturs sēklās. Vidēji trīs izmēģinājumu gados tas bija no 1.67% variantā $N_0P_{60}K_{80}$ līdz 2.11% variantā $N_{120}P_{60}K_{80}$. Augstākais slāpekļa saturs ganību aieres sēklās bija 2000. gada izmēģinājumā variantā $N_{120}P_{60}K_{80}$ – 2.37%. Mēslojuma normu palielināšana bija ietekmējusi slāpekļa saturu sēklās.

Fosfora saturs sēklās NPK mēslojumu normu palielināšana nebija būtiski ietekmējusi, – vidēji trīs izmēģinājumu gados tas bija 0.40%. Mēslojuma normu palielināšana būtiski bija ietekmējusi kālija saturu sēklās. Vidēji trīs izmēģinājumu gados tas bija palielinājies no 0.50% variantā $N_0P_0K_0$ līdz 0.74% variantā $N_{90}P_{30}K_{120}$ jeb par 24%.

Ganību aieres ražību noteicošie faktori un ražas struktūrelementi

Veldre – viens no būtiskiem faktoriem, kas nosaka un ietekmē sēklu ražu. Slāpekļa mēslojuma normu palielināšanas rezultātā ganību aieres veldres izturība samazinājās. Pirmajā zelmeņa izmantošanas gadā variantos bez slāpekļa mēslojuma veldre bija niecīga, bet 2. izmantošanas gadā – tās vispār nebija. Variantos ar slāpekļa mēslojumu normu 30 un 60 kg ha⁻¹ jau varēja novērot veldrēšanās pazīmes, bet normas sasniedzot 90 kg ha⁻¹ un vairāk, bija novērojama spēcīga zelmeņa veldrēšanās.

Kopumā lielāka veldre tika novērota 1. izmantošanas gada zelmeņos – vidējais veldres izturības vērtējums bija 4.90 balles pret 6.73 otrajā izmantošanas gadā. Tāpat atšķirības varēja novērot pa gadiem. Pirmajā izmantošanas gada sējumam visvājākā veldres izturība bija 2001. gadā – vidēji tikai 3.87 balles, taču šajā gadā 2. izmantošanas gada sējumam bija vislabākā veldres izturība – vidēji 7.35 balles. Veldres izturību var skaidrot ar ganību aieres zelmeņa biežību – 1. izmantošanas gadā tas ir biezs, labi sacerojis un līdz ar to veldres izturība ir zemāka, bet 2. izmantošanas gadā zelmenis ir jau izretojies, palicis skrajāks, tādēļ arī veldres izturība ir augstāka. Ganību aieres sējuma veldres izturību ir tiešā mērā saistāms ar sējuma biežību – rezultāti parāda, ka 2. izmantošanas gadā sējumu biežība bija vidēji par 305 augiem uz kvadrātmtru mazāka nekā 1. izmantošanas gadā. Stipri saveldrētā sējumā lapas un stiebrī noēno cits citu un fotosintēzes intensitāte samazinās gaismas un CO₂ trūkuma dēļ.

2001. gadā ierīkotajos izmēģinājumos vidējā veldres izturība pa izmēģinājuma variantiem bija līdzīga abos turpmākās izmantošanas gados – pirmajā, 2002. gadā – 5.74 balles un otrajā, 2003. gadā – 5.85 balles.

Korelācijas analīzes rezultāti uzrāda ciešu negatīvu korelāciju starp slāpekļa mēslojuma normas lielumu un veldres izturību. Visos gadījumos korelācija ir būtiska – pārsniedz kritisko vērtību $r_{0.05} = 0.482$. Kopā pa 6 gadiem (3 pirmās un 3 otrās izmantošanas gadi) N ietekme ir pat vēl lielāka – $r = -0.986$. Turpretim ne fosfora, ne kālija mēslojuma normu izmaiņas neuzrādīja būtisku korelāciju ar ganību aieres veldres izturību 95% ticamības līmenī. Pētījumi, par veldrēšanās pakāpi dažāda vecuma zelmeņos apliecināja, ka 1. izmantošanas gada sēklu laukos veldre izpaudās ievērojami stiprāk, kas zināmā mērā negatīvi ietekmēja sēklu ražu.

Zelmeņa biežība. Slāpekļa mēslojums būtiski ietekmēja zelmeņa biežību, veicinot labāku augu cerošanos un jauno dzinumu skaita palielināšanos uz platības vienību. Sevišķi pozitīva nozīme tam ir sēklu lauku 2. izmantošanas gadā, kad zelmenis izretojas. Ar šiem pētījuma rezultātiem var pamatot iepriekš minētās likumsakarības par slāpekļa mēslojuma būtisko ietekmi uz sēklu ražas veidošanos vecākos, 2. izmantošanas gada zelmeņos.

Korelāciju analīze parāda, ka slāpekļa mēslojumam ir bijusi cieša, kā arī statistiski būtiska ($r_{\text{fakt.}} > r_{0.05}$) pozitīva ietekme uz sējumu biežību it īpaši sējuma otrajā izmantošanas gadā, kā arī sējuma pirmajā izmantošanas gadā 2001. un 2002. gados. Taču ne fosfora, ne kālija mēslojuma ietekmes būtiskums pie 95% ticamības līmeņa nepierādās.

1000 sēklu masa. Slāpekļa mēslojums nav būtiski ietekmējis 1000 sēklu masu. Atšķirības bija novērojamas tikai pa gadiem. Tas norāda uz to, ka konkrētā gada meteoroloģiskie apstākļi ieņem svarīgu vietu starp ražu ietekmējošiem faktoriem. Atsevišķi pa gadiem visaugstākā 1000 sēklu masa zelmeņa 1. izmantošanas gadā bija 2001. gadā – no 3.04 gramu $N_0P_0K_0$ variantā līdz 3.35 gramu $N_{60}P_{60}K_{120}$ variantā, jo šajā gadā bija visaugstākais hidrotermiskais koeficients – 2.53, kas labvēlīgi ietekmēja 1000 sēklu masas pieaugumu. Vidēji 3 izmantošanas gados, gan 1. un 2. sēklu lauku izmantošanas gadā N norma līdz 60 kg ha⁻¹ 1000 sēklu masu palielināja tikai nedaudz, nepārsniedzot matemātiskās kļūdas robežas (attiecīgi par 0.03 un 0.05 g), bet N normas 120 kg ha⁻¹ ietekmē 1000 sēklu masa 1. un 2. izmantošanas gadā attiecīgi pieauga par 0.15 un 0.09 g, kas ir statistiski būtiski ($RS_{0.05} = 0.093$ un 0.081).

Analizējot 1000 sēklu masas un lietotā mēslojuma sakarības, korelācijas koeficienti 1. izmantošanas gadā būtiski bija tikai ar slāpekļa mēslojumu – 2000. gadā $r = 0.58$, 2001. gadā $r = 0.71$ un vidēji pa 1. izmantošanas gadiem $r = 0.78$. Otrajā zelmeņa izmantošanas gada katrā gadā (2001, 2002, 2003) un vidēji pa visiem gadiem – korelācija bija ļoti zema, bet vidēji trijos gados ar mīnusa zīmi $r = -0.06$. Fosfora un kālija mēslojums ne 1., ne arī 2. izmantošanas gadā būtiski 1000 sēklu masu neietekmēja.

Stiebru garums. Tā kā veldrēšanās zināmā mērā ir atkarīga no stiebru garuma, tad ir veikti pētījumi par stiebru garuma nozīmi ražas veidošanā.

Trīsgadīgie 1. izmantošanas gada dati liecina, ka slāpekļa mēslojums vidēji visos gados stiebru garumu palielinājis par 13 cm salīdzinot ar nemēsloto variantu, bet 2. izmantošanas gadā – par 9 cm. Abos izmantošanas gados slāpeklim ir bijusi liela loma stiebru garuma palielināšanā, par to liecina būtiska pozitīva korelācija ($r = 0.90$ un $r = 0.94$).

Vārpiņu skaitu vārpā ganību aireses zelmeņa abos izmantošanas gados dažādas NPK mēslojuma normas būtiski neietekmēja. Kritiskais $r_{0.05}$ koeficients – 0.482. Novērota tendence, ka vārpiņu skaits vārpā ganību aireses sējumos 2. izmantošanas gadā, salīdzinot ar 1. gadu, vidēji samazinās no 18.2 līdz 17.0 vārpiņām.

Sēklu skaitu vārpiņā slāpekļi un kālijs nav būtiski palielinājis, toties fosfora mēslojums uzrāda būtisku pozitīvu korelāciju ($r = 0.65$) ar sēklu skaitu vārpiņā. Tomēr sēklu skaits vārpiņā lielākā mērā ir atkarīgs no klimatiskajiem apstākļiem, bet mazākā mērā no mēslojuma.

Analizējot korelatīvās sakarības starp sēklu ražu veidojošajiem rādītājiem, var konstatēt, ka kopumā pa visiem mēslošanas variantiem pastāv negatīvas sakarības starp veldres izturību un visiem pārējiem sēklu ražu veidojošajiem rādītājiem (4. tabula). Sakarība bija būtiska negatīva 95% ticamības līmenī starp veldres izturību un vārpiņu skaitu vārpā, bet vēl izteiktāka, būtiska negatīva 99% ticamības līmenī, starp veldres izturību un pārējiem rādītājiem.

Arī stiebru skaitam uz kvadrātmetru un stiebru garumam korelācijas analīze uzrādīja būtiskas sakarības ar visiem pārējiem pētītajiem rādītājiem. Abiem šiem rādītājiem bija būtiska negatīva korelācija ar veldres izturību – pieaugot stiebra garumam un sējuma biežībai, veldres izturība ganību airesnei ir samazinājusies. Cieša pozitīva sakarība konstatēta starp stiebru skaitu un stiebru garumu – biežākā sējumā savstarpējas konkurences apstākļos ganību aireses stiebrī izauga garāki.

Palielināts stiebru skaits uz platības vienību un lielāks stiebru garums pozitīvi korelējis arī ar 1000 sēklu masu, kā arī ar vārpiņu skaitu vārpā un it īpaši sēklu skaitu vārpiņā. Sēklu skaits vārpiņā uzrādījis būtisku pozitīvu ietekmi uz 1000 sēklu masu pie 99% ticamības līmeņa. Starp vārpiņu skaitu vārpā un sēklu skaitu vārpiņā sakarības nav būtiskas 95% ticamības līmenī.

Ganību aireses fitometriskie rādītāji

Lapu virsmas laukuma indekss (LLI) ir rādītājs, kas rāda, cik reizes lapu virsma ir lielāka par augu aizņemto augsnes platību, un tas ir viens no svarīgākajiem fitometriskajiem rādītājiem. Lapu daudzums zelmenī ir ļoti svarīgs rādītājs, jo lapas saista Saules enerģiju un tajās notiek fotosintēze.

Ganību aireses zelmeņu 1. izmantošanas gadā vidējais lapu virsmas laukums bija $7.11 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ augsnes. LLI atkarībā no mēslojuma normām vidēji izmanījās no $3.83 (N_0P_0K_0)$ līdz $9.24 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2} (N_{120} P_{120} K_{160})$. Lielākais konstatēts variants ar

augstāko slāpekļa mēslojuma devu. LLI lielā mērā ietekmēja zelmeņu vecums un laika apstākļi lapu veidošanās laikā.

4. tabula / Table 4

Korelatīvās sakarības starp ganību aireses sēklas ražas veidojošajiem rādītājiem

Correlation among perennial ryegrass seed yield forming indices

Rādītāji / Indices	Veldres izturība / Lodging resistance	1000 sēklu masa / 1000 seed weight	Stiebru skaits / Number of stems	Stiebru garums / Length of stems	Vārpiņu skaits vārpā / Number of spikelets per ear
1000 sēklu masa / 1000 seed weight	-0.63**	1000 sēklu masa / 1000 seed weight			
Stiebru skaits / Number of stems	-0.87**	0.61**	Stiebru skaits / Number of stems		
Stiebru garums / Length of stems	-0.93**	0.57*	0.94**	Stiebru garums / Length of stems	
Vārpiņu skaits vārpā / Number of spikelets per ear	-0.49*	0.23	0.54*	0.60*	Vārpiņu skaits vārpā / Number of spikelets per ear
Sēklu skaits vārpiņā / Number of seeds per spikelet	-0.90**	0.62**	0.82**	0.88**	0.28

$r_{0.05} = 0.482$; $r_{0.01} = 0.606$

Otrajā izmantošanas gadā vairāk izpaudās slāpekļa mēslojuma nozīme ganību aireses augšanā un attīstībā. Vidēji visos slāpekļa mēslojuma lietošanas variantos iegūti būtiski augstāki lapu virsmas laukuma indeksi salīdzinājumā ar kontroles variantu. Otrajā izmantošanas gadā vidējais LLI $3.87 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$. Tā 2. izmantošanas gada zelmenī lapu laukuma indekss bija ievērojami mazāks nekā iepriekšējā izmēģinājumu gadā un svārstījās no $1.25 (N_0P_0K_0)$ līdz $7.25 (N_{120}P_{120}K_{160})$. To var izskaidrot ar to, ka ganību airesne ir stiebrzāle ar ļoti strauju attīstību sākotnējā augšanas periodā, – sākot jau ar sēšanas gadu, kā arī ar būtisko zelmeņa biežības samazināšanos otrajā izmantošanas gadā. Lapu laukuma virsmas indeksa

ievērojams samazinājums turpmākajos izmantošanas gados liecina, ka ilgstošu ganību airesnes produktivitāti nevar prognozēt.

Fotosintēzes tīrā produktivitāte (FTP) ir svarīgs rādītājs zālāju zelmeņos. Tā raksturo lapu fotosintētisko darbību un rāda sausnas pieaugumu uz lapu laukuma platību laika vienībā.

Starp mēslojuma variantiem un FTP pastāv cieša negatīva korelatīvā sakarība. FTP 2002. gadā variantā bez slāpekļa mēslojuma strauji pieauga jūnija pirmajā pusē, turpretim slāpekļa mēslojuma variantos, it īpaši ar lielākajām mēslojuma devām, tā samazinājās un 17. jūnijā bija negatīva. Tas skaidrojams ar to, ka bija nelabvēlīgi laika apstākļi, stipras lietus gāzes, kas saveldrēja zelmeni (HTK jūnijā bija 3.58). Arī vidēji 2002. gadā novērojumu perioda laikā FTP uzrāda ciešu negatīvu un statistiski būtisku ($p > 0.05$) korelāciju ar lietotā slāpekļa mēslojuma normu.

Otrajā izmantošanas gadā FTP visaugstākā bija jūnija sākumā, taču jau nākamajā paraugu ņemšanas reizē 9. jūnijā tā strauji kritās. To var skaidrot ar augstām gaisa temperatūrām un izteiktu nokrišņu deficītu (1 mm) šajā laika periodā. Augi nelabvēlīgos laika apstākļos patērē uzkrātās barības vielas, tādēļ FTP pieaugums neparādās. Korelatīvās sakarības starp FTP un lietoto slāpekļa mēslojuma normu nevienā no paraugu ņemšanas reizēm nav statistiski būtiskas.

Salīdzinot vidēji abu izmantošanas gadu rezultātus var secināt, ka, tāpat kā lapu virsmas laukuma indekss, arī FTP lielāka bijusi ganību airesnes 1. izmantošanas gadā – 5.30 pret 3.30 g m⁻² diennaktī 2. izmantošanas gadā. Tas liecina, ka ganību airene ir ātras attīstības zāle un raksturojas ar fitometrisko rādītāju samazināšanos jau sākot ar 2. izmantošanas gadu.

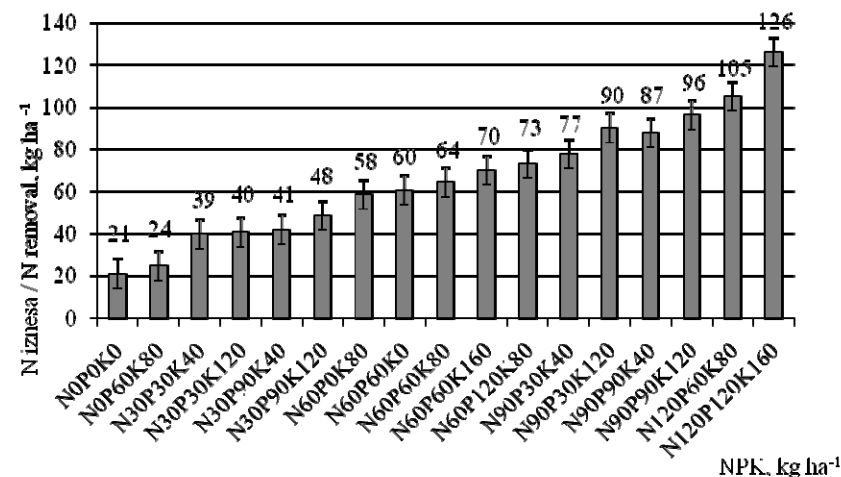
Fotosintētisko darbību ievērojami ietekmē laika apstākļi. Tā samazinās gan stipri lietainos laika apstākļos ar pazeminātu gaisa temperatūru, gan arī pārmērīgi sausā laikā mitruma deficīta apstākļos ar paaugstinātu gaisa temperatūru.

Mēslošanas agronomiskās efektivitātes vērtējums

Lai novērtētu lietotā mēslojuma agronomisko efektivitāti, tika izmantoti šādi vērtēšanas kritēriji: NPK iznesa; NPK izmantošanās no pielietotā mēslojuma; NPK bilance; PK izmantošanās no augsnē esošajiem to krājumiem; ražas pieaugums no 1 kg pielietotā mēslojuma.

Iznesa. Aprēķins tika veikts, ņemot vērā iegūto attiecīgā ražas komponenta sausnas masu (sēklas, salmi, pelavas) no viena hektāra un barības elementa koncentrāciju noteiktā komponenta sausnā. Analizējot iegūtos datus, skaidri parādījās tendence, ka: 1) palielinot attiecīgā elementa daudzumu mēslojumā, pieauga tā iznesa ($R^2 = 0.950$); 2) citu elementu palielinājums mēslojumā palielināja slāpekļa un fosfora iznesi ar ražu, taču sakarības nav aprakstāmas ar pāru korelāciju.

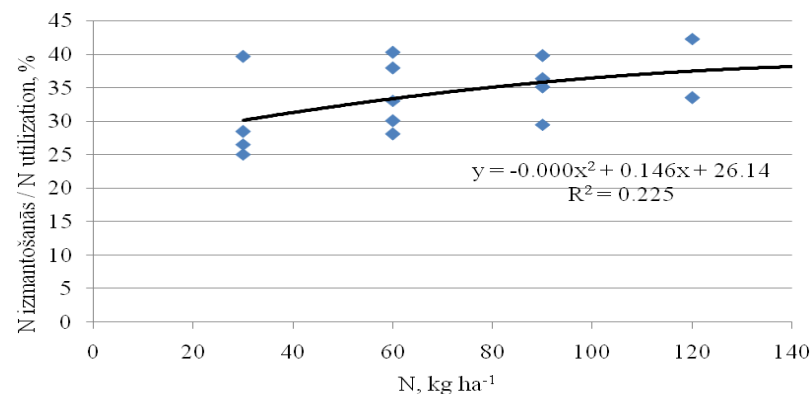
Kopumā augu barības elementu saimnieciskā iznesa (tas, kas ik gadus tiek novākts no lauka) maksimāli sasniedza 125.96 kg ha⁻¹ N, 37.88 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 247.01 kg ha⁻¹ K₂O (2. att.). To novēroja variantā, kur mēslošanas norma bija vislielākā – attiecīgi N₁₂₀P₁₂₀K₁₆₀. Tādējādi var uzskatīt, ka ganību airene, to audzējot sēklu ieguvei, ir vidēji prasīga attiecībā pret slāpekļa, bet prasīga – attiecībā pret kālija mēslojumu.



2. att. Slāpekļa iznesa atkarībā no NPK mēslošanas normas.

Fig. 2. Nitrogen removal depending on fertilizer use.

Slāpekļa izmantošanās koeficienta saistība ar pielietoto N mēslojumu ir parādīta 3. attēlā.



3. att. Slāpekļa izmantošanās atkarībā no N mēslošanas normas, % ($p > 0.01$).

Fig. 3. Nitrogen utilization from N applied, %.

Šajā gadījumā kā atskaites punkts tika ņemts fona variants. Determinācijas koeficients nav augsts, jo N iznesi un līdz ar to izmantošanos ietekmē arī P un K mēslojuma normas (faktoru mijiedarbība). Līdzīga likumsakarība tika novērota attiecībā uz kālija izmantošanos. Kontroles variantā gada vidējā K_2O iznesa sastādīja 23.18 kg ha^{-1} , fona variantā ($N_{60}P_{60}$) – ievērojami (2.75 reizes) vairāk – 63.75 kg ha^{-1} . Līdz ar to, aprēķinos par bāzi izmantojot fona variantu, pie N lietošanas normām zem 60 kg ha^{-1} ieguva negatīvas kālija mēslojuma izmantošanās koeficienta vērtības.

Kālija izmantošanās koeficientam nevarēja novērot loģisku kopsakarību ar doto kālija mēslojumu, taču pastāvēja zināmas likumsakarības ar pielietoto slāpekļa mēslojumu.

Augu barības elementu bilance. Augu barības elementu bilance ir starpība starp noteiktā laika periodā augsnē ienesto un no turienes iznesto augu barības elementu masu.

Vērtējot iegūtos rezultātus, var secināt, ka:

- ienesot augsnē $90 - 120 \text{ kg ha}^{-1}$ N, slāpekļa bilance bija $45 - 67 \text{ kg ha}^{-1}$, jeb $187 - 232\%$, kas daudzgadīgām zālēm ir pieņemams rādītājs;
- labvēlīga fosfora bilance veidojās variantos $N_{90}P_{30}K_{120}$ un $N_{90}P_{30}K_{40}$, t.i., dodot pietiekoši N, bet mēreni – P mēslojumu;
- ja kālija mēslojuma norma ir mazāka par $80 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$, tad tā bilance veidojas negatīva. Taču ņemot vērā arī citu barības elementu mijiedarbību, kas ietekmē ražas lielumu, ikgadējam kālija daudzumam būtu jābūt ne mazākam par $120 \text{ kg ha}^{-1} K_2O$.

Augu barības elementu izmantošanās no augsnē esošajiem to krājumiem.

Saimniecisko PK iznesi (sēklas, salmi un pelavas) attiecinot pret šo elementu krājumiem augsnē, tika aprēķināts PK izmantošanās koeficients. Tas rāda procentuāli cik šo augu barības elementu gada laikā no kopējiem augsnē esošajiem krājumiem var tikt aizvākti no lauka ar ražu. Aprēķinu rezultāti ir sakopoti 5. tabulā.

5. tabula / Table 5

PK izmantošanās no augsnes %, vidēji divos aireses izmantošanas gados

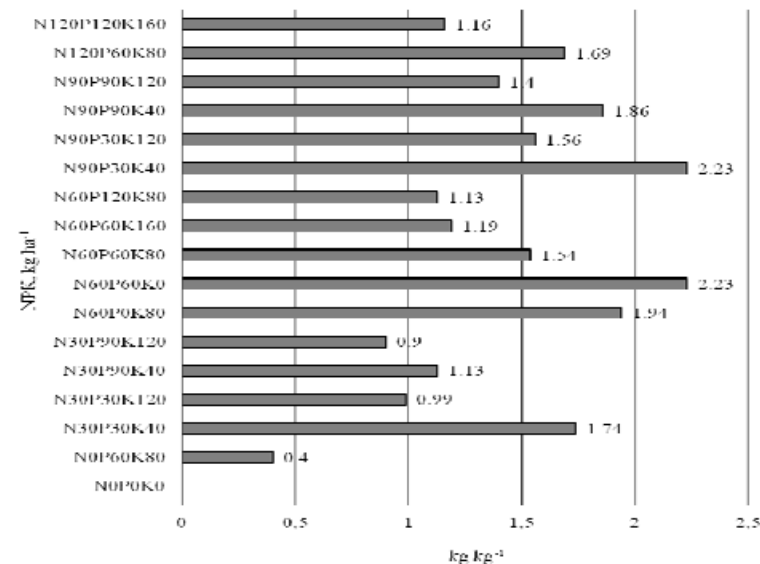
Soil PK utilization, % average for 2 year period

Variants	1999 – 2001		2000 – 2001		2001 – 2002	
	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
$N_0P_0K_0$	0.69	4.21	0.62	7.56	0.41	3.32
$N_{60}P_0K_{80}$	1.19	×	1.84	×	0.81	×
$N_{60}P_{60}K_0$	×	9.38	×	27.58	×	7.87

Ikgadējā augsnes fosfora izmantošanās nav augsta, tā svārstās robežās no 0.41 līdz 1.84%, pie kam izteikti augstāka tā bija variantā, kur tika lietots slāpekļa un

kālija mēslojums. Kālija izmantošanās bija ievērojami augstāka un sevišķi liela tā bija variantos, kur tiek lietots slāpekļa un fosfora mēslojums. Tāpēc kālija nodrošināšanai ar mēslošanas līdzekļiem ir jāpievērš pienācīga vērība, jo ganību airene ir pieskaitāma pie kultūraugam, kas ir prasīgi attiecībā pret šo barības elementu.

Sēkļu ražas pieaugums no 1 kg pielietotā mēslojuma. Ražas pieaugums, rēķinot uz vienu kg pielietotā mēslojuma, ir rādītājs, kuru var izmantot mēslošanas efektivitātes vērtējumam. Ganību aireses sēkļu ražas pieaugums uz katru pielietoto NPK tīrvielas bija no 0.40 līdz 2.23 kg sēkļu (4. att.).



4. att. Ganību aireses sēkļu ražas pieaugums no 1 kg lietotās NPK tīrvielas, kg.
Fig. 4. Increase in seed yield of perennial ryegrass from 1 kg NPK applied, kg.

Lai celtu mēslošanas efektivitāti, normu samazinājums acīmredzami nav risinājums, jo tad, atbilstoši eksperimenta rezultātiem, būtu ievērojami jāierobežo kālija minerālmēsli lietošana, kas negatīvi atsauktos uz tā bilanci augsnē, jo kālija iznesa ar ganību aireses ražu bija ievērojama.

Ganību aireses sēkludzēšanas ekonomiskais vērtējums

Veiktajos izmēģinājumos ganību airenei 1. izmantošanas gada sēkludzēšanas izmaksas sastādīja no $168.52 \text{ Ls ha}^{-1}$ ($N_0P_0K_0$) līdz $491.58 \text{ Ls ha}^{-1}$ variantā $N_{120}P_{120}K_{160}$. Augstāko bruto ieņēmumu ieguva pie $N_{90}P_{90}K_{40}$ – $690.72 \text{ Ls ha}^{-1}$. Šādas izmaksas un ieņēmumi tika iegūtas tad, ja ganību aireses sēkļu laukus

izmanto tikai 1 gadu. Ja sēklu laukus izmanto 2 gadus, tad pastāvīgās izmaksas (zelmeņa ierīkošanas izdevumi) samazinās 2 reizes, kopumā zināmā mērā pazeminot kopējās izmaksas (no 168.52 līdz 130.35 Ls ha⁻¹). Vidēji divu izmantošanas gadu ganību aireses sēklaudzēšanas kopējās izmaksas sastādīja no 130.35 Ls ha⁻¹ (N₀P₀K₀) līdz 427.43 Ls ha⁻¹ (N₁₂₀P₁₂₀K₁₆₀). Augstāko bruto ieņēmumu 1609.27 Ls ha⁻¹ ieguva variantā N₁₂₀P₆₀K₈₀ jeb par 3.4 reizēm vairāk nekā kontroles variantā.

Ja izmanto ganību aireses sēklu laukus tikai 1 gadu, tad vidējie ieņēmumi visiem izmēģinājumu variantiem sastādīja 535.00 Ls ha⁻¹, ja sēklu laukus izmantoja 2 gadus, vidējie ienākumi no ha bija 1173.71 Ls, t.i. par 638.71 Ls ha⁻¹ vairāk. Tātad, izvērtējot no ekonomiskā viedokļa, pierādījās, ka saimnieciski izdevīgi ir ganību aireses sēklu laukus izmantot 2 gadus – neraugoties uz nedaudz zemāko sēklu ražu, tika panākts zināms izdevumu samazinājums pie sēklu lauku ierīkošanas un kopumā tika sasniegti lielāki bruto ieņēmumi.

SECINĀJUMI

Balstoties uz trīs izmēģinājumu gadu veiktajiem lauka eksperimentiem un atbilstošām analizēm, tiek izdarīti šādi secinājumi.

1. Ganību aireses sēklu ražas līmeni būtiski ietekmēja vairāki faktori:
 - mēslojums, – vidēji pa visiem NPK variantiem 1. izmantošanas gada sēklu lauku produktivitāte salīdzinājumā ar kontroli (N₀P₀K₀) palielinājās 1.9 reizes (591 kg ha⁻¹ pret 311 kg ha⁻¹ sēklu); 2. izmantošanas gadā – 3.8 reizes (384 kg ha⁻¹ pret 102 kg ha⁻¹ sēklu);
 - sēklaudzēšanas sējumu vecums, – 1. izmantošanas gada sēklu laukos vidējā 3 izmēģinājumu gadu sēklu raža sastādīja 591 kg ha⁻¹, bet 2. izmantošanas gadā – 384 kg ha⁻¹, t.i. par 35% mazāk;
 - meteoroloģiskie apstākļi sēklu veidošanās un sēklu ražas novākšanas laikā, – vislabvēlīgākajā ganību aireses augšanai 2002. gadā 1. izmantošanas gada zelmenī ieguva vidēji 646 kg ha⁻¹, bet samērā nelabvēlīgākajā 2000. gadā – 485 kg ha⁻¹, t.i. par 25% mazāk.
2. No NPK mēslojuma komponentiem vislielākā ietekme uz ganību aireses sēklu ražu bija slāpeklim, pie kam tā efektivitāte atšķirīga dažādos sēklu lauku izmantošanas gados, – ievērojami lielāka tā bija 2. izmantošanas gadā: 1. izmantošanas gadā palielinot N normas no N₃₀ līdz N₁₂₀ salīdzinājumā ar kontroles variantu tika iegūts sēklu ražas pieaugums par 59.4 – 107.0%, bet 2. izmantošanas gadā tas attiecīgi bija 91.4 – 384.0 procenti.
3. Ganību aireses zāles sausnas ražas līmeni NPK mēslojuma līdzekļi ietekmēja šādi:
 - vislielākā iedarbība bija N mēslojumam, – tā ietekmē zāles sausnas raža pakāpeniski pieauga līdz ar N minerālmēsli normu palielināšanu: palielinot normu no 30 līdz 120 kg ha⁻¹ zāles raža attiecīgi pieauga par

67 – 160%, salīdzinot ar kontroli, tomēr zāles sausnas ražas pieaugums uz 1 kg dotā N līdz ar mēslojuma normu palielināšanu zināmā mērā samazinājās, – dodot N₃₀ uz 1 kg N tika iegūti 52.0 kg zāles sausnas, bet dodot N₁₂₀ – tikai 31.0 kg;

- fosfora mēslojums pozitīvi ietekmēja zāles sausnas ražību, taču tikai līdz zināmajam līmenim – P₂O₅ 30 kg ha⁻¹. Turpmāka fosfora minerālmēsli normu palielināšana zāles ražas palielināšanā uzrādīja tikai pozitīvas tendences, taču nebija būtiska.
 - kālija mēslojums salīdzinājumā ar fosfora, zāles ražu ietekmēja vairāk, – zāles sausnas raža būtiski palielinājās līdz pat maksimāli lietotajai normai.
4. Zāles ražas kvalitātes rādītājus visvairāk ietekmēja N mēslojums: tā iedarbībā ievērojami pieauga gan proteīna saturs zāles sausnā, gan arī proteīna ieguve no hektāra. N₆₀ un N₁₂₀ variantos (P₆₀K₈₀ fonā) kopproteīna saturs zāles sausnā palielinājās par 0.14 un 2.66%, bet tā ieguve no ha – attiecīgi par 98 un 226%; N mēslojums relatīvi vairāk sekmēja kopproteīna līmeņa paaugstināšanos un tā ieguvi no ha nekā zāles sausnas ražas pieaugumu.
 5. Slāpekļa mēslojums būtiski ietekmēja sēklu lauku zelmeņa veidošanos: tā iedarbībā palielinājās zelmeņa biežība, stiebru garums, līdz ar ko samazinājās veldres izturība. 1. izmantošanas gadā tas radīja negatīvas sekas un daļēji samazināja sēklu ražu, bet 2. izmantošanas gadā, tas veicināja cerošanos. Vārpiņu skaits vārpā, sēklu skaits vārpiņā, 1000 sēklu masa maz mainījās NPK mēslojuma ietekmē.
 6. Ganību aireses ir ātras attīstības stiebrzāle, par to liecināja ievērojami intensīvāka fotosintētiskā darbība zelmeņa 1. izmantošanas gadā. Veidojās lielāka lapu laukuma virsma (vidēji 7.11 pret 3.87 m² m⁻²), bija augstāka fotosintēzes produktivitāte (vidēji 5.30 pret 3.30 g m² diennaktī).
 7. Lapu laukuma virsmas indeksu un fotosintēzes tīro produktivitāti būtiski palielināja slāpekļa mēslojums, kā arī paaugstināts kālija mēslojums, bet neietekmēja fosfora mēslojums, tomēr vislielākā mērā šos rādītājus ietekmēja meteoroloģiskie apstākļi lapu veidošanās laikā un zelmeņa vecums. LLI ievērojami samazinājās nelabvēlīgos laika apstākļos un jau 2. izmantošanas gada (3. dzīvības gada) zelmeņos.
 8. No izmēģinājumos pielietotajām NPK mēslojuma normām agronomiski labvēlīgākā bija – N₉₀P₃₀K₁₂₀, šajā variantā tika sasniegta augstākā mēslojuma izmantošanās gan 1., gan 2. ganību aireses sēklu lauku izmantošanas gadā.
 9. Saimnieciski izdevīgāk ganību aireses sēklu laukus izmantot 2 gadus, jo neraugoties uz nedaudz zemāko sēklu ražu, tiek panākts zināms izdevumu samazinājums un līdz ar to ieņēmumi no ha zināmā mērā ienākumi pieaug.
 10. Lai panāktu racionālu un ekoloģiski drošu NPK minerālmēslojuma izmantošanos ganību aireses sēklaudzēšanas sējumos jācenšas pielietot mēslojuma normas, tuvinātas augu barības vielu iznesām ar ražu (sēkla + salmi), nodrošinot N:P:K attiecību 1:0.3:2.0.

ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

Publikācijas / Publications

1. Būmane Sk. (2001) Minerālmēslojuma optimizācija ganību aireses 'Spīdola' sēkludzēšanas sējumos. **No:** *Zinātne lauku attīstībai: starptautiskās zinātniskās konferences referāti*, 2001. gada 23. – 25. maijs, Jelgava: LLU, 57. – 62. lpp.
2. Bumane S. Use of for mineral fertilizer perennial ryegrass seed production. **In:** *Research for rural development 2002: international scientific conference proceedings*, Jelgava, Latvia, 22 – 24 May, 2002. Latvia University of Agriculture. Jelgava: LLU, p. 38 – 41.
3. Bumane S., Adamovich A., Pogulis A. (2002) Optimizing of mineral feeding for perennial ryegrass seed production. **In:** *Traditional and innovations in sustainable development of society: Proceedings of the international conference*, February 28 – March 2, 2002, Rezekne, p. 28 – 32.
4. Bumane S., Adamovich A. (2002) The use of mineral fertilizers in the production of perennial ryegrass seeds. **In:** *Grassland Science in Europe: Multi-function grasslands. Quality Forages, Animal products and Landscapes*. France, p. 404 – 405.
5. Luksa S., Sparnina M., Bumane S. (2002) The forage quality of legume and perennial ryegrass varieties in Skriveri Research Centre, Latvia. **In:** *Grassland Science in Europe: Multi-function grasslands. Quality Forages, Animal products and Landscapes*. France, p. 440 – 441.
6. Bumane S., Bughrara S. (2003) Optimization of mineral nutrition for perennial ryegrass seed production. *Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti*, Jelgava: LLU, No. 8 (303), p. 70 – 73.
7. Bumane S., Berzins P., Leep R. H., Dietz T. (2004) The effect of nitrogen use on perennial ryegrass seed yield and forage quality parameters. *Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti*, Jelgava: LLU, No. 10 (305), p. 13 – 18.
8. Bumane S., Adamovich A. (2004) Effect of fertility levels on perennial ryegrass for seed production. **In:** *Grassland Science in Europe*. Switzerland, p. 696 – 698.
9. Bumane S.R., Adamovich A.M. (2005) Effect of mineral fertilizers levels on the productivity of perennial ryegrass. **In:** *Plant Nutrition for Food Security, Human Health and Environmental Protection: Proceedings of XV International Plant Nutrition Colloquium*, September 14 – 19, 2005, China: Tsingua University Press, p. 926 – 928.
10. Bumane S., Adamovich A. (2006) Influence of fertilization rates on *Lolium perenne* L. sward photosynthetic characteristics and seed yield. **In:** *Grassland Science in Europe: Sustainable Grassland Productivity*. Spain, p. 116 – 119.

Konferenču tēzes / Conference abstracts

1. Bumane S., Berzins P., Adamovich A., Pogulis A. (2002) Mineral fertiliser use in perennial ryegrass seed production. **In:** *Potassium and Phosphorus for sustainable agriculture*. Regional IPI Workshop. February 7 – 8, 2002, Jelgava. 35 p.
2. Bumane S. (2003) Effect of N-P-K for perennial ryegrass. **In:** *Balanced fertilization in contemporary plant production: The role of potassium*. Abstracts. Regional Workshop, September 30 – October 1, 2003, Lithuania, p. 31.
3. Bumane S., Adamovich A. (2004) Effect of fertility levels on perennial ryegrass for seed production. **In:** *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions: Book of Abstracts*, June 21 – 24, 2004, Switzerland. p. 133.
4. Bumane S., Adamovich A. (2005) Influence of fertilization rates on *Lolium Perenne* L. sward photosynthetic characteristics and seed yield. **In:** *Optimizing Agricultural output Production: Theory and Praxis: Book of Abstracts of the International Scientific Conference*, June 7, 2005, Jelgava, LLU, p. 42.
5. Bumane S., Adamovich A. (2005) Effect of mineral fertilizer levels on the yield quality of perennial ryegrass. **In:** *XX International Grassland Congress: Offered papers*, June 26 – July 1, 2005, Ireland, p. 716.
6. Bumane S., Adamovich A., Berzins P. (2007) Influence of fertilization on perennial ryegrass phytometric characteristics and its dynamics. **In:** *Multifunctional Agriculture at the outset of XXI century: Challenges and Risks: Book of Abstracts of the International Scientific Conference*, March 22 – 23, 2007, Jelgava, LLU, 2007, p. 35 – 36.
7. Bumane S., Adamovich A., Berzins P. (2008) Influence of mineral fertilization on seed chemical composition of *Lolium perenne* L. **In:** *Grassland Science in Europe: Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production: Book of Abstracts*, June 9 – 12, 2008, Sweden, p. 39.
8. Bumane S.R., Adamovich A.M., Gutmane I.J. (2008) Effect of mineral fertiliser levels on the productivity of perennial ryegrass, *Festulolium* and *Lolium × Boucheanum*. **In:** *Multifunctional Grassland in a Changing World: XXI International Grassland Congress, VII International Rangeland Congress*, 2008, Huhhot, China, p. 8-20 – 21.

Referāti konferencēs / Presentations

1. Bumane S. Mineral fertilizer use optimization of perennial rye-grass seeds production. International Scientific Conference "Research for Rural Development", Jelgava, LLU, May 23 – 25, 2001.
2. Bumane S. Mineral fertilizer use for perennial rye-grass seed production. International Scientific Conference "Research for Rural Development", Jelgava, LLU, May 22 – 24, 2002.

3. Bumane S., Adamovich A. Optimizing of mineral feeding for perennial ryegrass seed production. Rēzeknes augstskolas Starptautiskā zinātniskā konference. "Tradicionālais un novatoriskais sabiedrības ilgstpējīgā attīstībā", Rēzekne, 2002. gada 28. februāris – 2. marts.
4. Būmane S. Influence of fertilization rates on *Lolium perenne* L. sward photosynthetic characteristics and seed yield. Starptautiskā zinātniskā konference "Optimizing agricultural output production: theory and praxis", Jelgava, LLU, 2005. gada 7. – 9. jūlijs.
5. Bumane S., Adamovich A., Berzins P. Influence of fertilization on perennial ryegrass phytometric characteristics and its dynamics. International Scientific Conference "Multifunctional agriculture at the outset of XXI century: Challenges and Risks", Jelgava, LLU, March 22 – 23, 2007.

Stenda referāti konferencēs / *Poster presentations*

1. Bumane S., Adamovich A. Mineral fertilizer use in perennial ryegrass. Regional IPI Workshop "Potassium and Phosphorus for sustainable agriculture", Jelgava, LLU, February 7 – 8, 2002.
2. Bumane S., Adamovich A. The use of mineral fertilizers in the production of perennial ryegrass seeds. Grassland Science in Europe "Multi-Function Grasslands", France, May 24 – 31, 2002.
3. Bumane S. Effect of NPK for perennial ryegrass. International Scientific Conference "Balanced Fertilization in Contemporary Plant Production: The Role of Potassium", Lithuania, September 30 – October 1, 2003.
4. Bumane S., Adamovich A. Effect of fertility levels on perennial ryegrass for seed production. Grassland Science in Europe "Land Use Systems in Grassland Dominated Regions", Switzerland, June 18 – 24, 2004.
5. Bumane S., Adamovich A. Effect of mineral fertiliser levels on the yield quality of perennial ryegrass. XX International Grassland Congress, Ireland, June 26 – July 1, 2005.
6. Bumane S., Adamovich A. Effect of mineral fertilizer levels on the productivity of perennial ryegrass. XV International Plant Nutrition Colloquium, China, September 14 – 19, 2005.
7. Bumane S., Adamovich A. Influence of fertilization rates on *Lolium perenne* L. sward photosynthetic characteristics and seed yield. Grassland Science in Europe, Spain, April 2 – 6, 2006.
8. Bumane S., Adamovich A. Role of nitrogen levels on perennial ryegrass for seed production and forage quality. Grassland Science in Europe, Belgium, September 3 – 5, 2007.

Stāžēšanās / *On-site training*

Esmu stažējusies Mičiganas Valsts Universitātē, Augkopības un Augsnes zinātņu katedrā, East Lansing, Mičiganas pavalsts, ASV. Stažēšanās programma: „Daudzgadīgo zālāju selekcijas metodes, sēklkopība un audzēšanas tehnoloģijas”. 2002. gada 15. augusts – 2003. gada 21. augusts. Iegūts sertifikāts un publicēti divi kopēji raksti LLU izdevumos *Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti*.

INTRODUCTION

Developing and strengthening agriculture as an economic sector competitive in European Union (EU) common market, including production of perennial grass seed material corresponding to world market requirements, on the level of quality and production costs competitive with seed material offered by other countries.

Readjustment of seed production system is of national importance, so that Latvian seed producers would have a possibility to offer their product for marketing in Europe and satisfy needs for herbage seed material in our country. Seed production economics is formed both by biological, genetic and economic factors, which are, to a great extent, influenced by proper choice of seeds of pasture crop varieties and most suitable technologies.

Seed production is a long and complicated process, which requires detailed investigation, knowledge, experience and technical provision to produce seed material comparatively cheap and corresponding to the State quality standards. According to information data presented by the Ministry of Agriculture, the total area under perennial grass seed fields in Latvia occupied 1778.16 ha in 2008, including perennial ryegrass seed production fields, which occupied 186.26 ha, out of which 101.26 ha were devoted to perennial ryegrass 'Spīdola'.

Research results and farmers' long-term experience in Latvia show that high-yielding herbage swards with sustainable producing capacity are formed using grass varieties developed and seeds produced under local soil and climatic conditions. Cultivation of high-yielding herbages and production of corresponding grass forage provide the foundation for livestock farming. Thus, for instance, in Europe the area of seed fields under forage grasses have increased from 98271 ha in 1985 to 237206 ha in 2004 (World Forage, 2006). According analysis of research results, currently grasses and legumes take a leading position among forage plants. Presently, ryegrasses occupy 40% area in herbage sowing structure.

In Latvia as well, grass forage is a most important and inexpensive food means providing the foundation for feeding programs for dairy and other livestock. High consumption of pasture grass is the basis for profitable milk production. To improve pasture productivity and sward quality, new herbage varieties capable of producing high seed yields are developed and tested in practice. In EU strategy, an emphasis is placed on the request of decreased and precisely balanced application of mineral fertilizers and other chemicals utilized in agriculture. For that reason, it is important that the new varieties should be less exacting to growth conditions; they should be plastic, capable of producing high enough yields avoiding intensive application of agricultural chemicals.

Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) is one of the most well-known and significant grasses worldwide. In Latvia as well, perennial ryegrass is of great

economic importance. This grass is used to establish seeded long-term swards in pastures; it is sown in meadows and grown in fields. Perennial ryegrass is a plant mainly used in grass mixtures when sown pastures are established. Considering, that varieties released in Latvia are more suited to local conditions than imported ones, seed production of these varieties should be developed and expanded to supply commercial producers with local perennial ryegrass seed material. Additional knowledge on management practices, including fertilizer, is needed in raising perennial ryegrass field productivity and efficiency of seed production.

The goal of this research was to clarify fertilization matters in perennial ryegrass seed production insufficiently investigated up to. Considering the above mentioned, hypothesis was put forward: seed yields and quality of perennial ryegrass are considerably increased with application of balanced mineral fertilizer rates.

Research objectives: to clarify the influence of mineral fertilizer optimization on productivity formation in perennial ryegrass under agro climatic conditions of Latvia.

Tasks of the research:

- determine influence of different mineral fertilizer rates on productivity of perennial ryegrass above-ground biomass and yield quality;
- clarify determinant factors of seed productivity and formative elements in perennial ryegrass;
- determine most important phytometric indices in differently fertilized perennial ryegrass swards;
- evaluate agronomic and economic efficiency of mineral fertilizers in perennial ryegrass sowings used for seed production.

Novelty of the research:

- optimized mineral fertilizer advantages in productivity formation and quality increase have been clarified;
- formative elements and phytometric indices forming perennial ryegrass yield have been investigated;
- efficiency of mineral fertilizer application in perennial ryegrass sowings used for seed production has been determined.

To fulfill the tasks, corresponding field trials were established and conducted at the Research Institute of Agriculture, Agency of LLU over a period from 1999 to 2001. Research on fertilizer after-effect was continued till 2003. Research results have been summarized in 10 scientific publications, 5 of them in foreign issues, and additionally 8 publications in books of abstracts. Research results were reported in 5 international scientific conferences, and 8 poster presentations have been presented. On the base of research, farmers have had access to short agricultural training, when regional seminars-field days were organized.

MATERIALS AND METHODS

Within the framework of the research program developed by the Faculty of Agriculture (LF) of the Latvia University of Agriculture (LLU), at the Research Institute of Agriculture (ZZI), Agency of LLU field trials were established and research was conducted over a period 1999 – 2003.

The first trial was established in 1999. Soil – sod stagnogley (*Proto-endostagnic Hortic Cambisol (Hypereutric) – WRB 2006*), silt loam, medium cultivated, drained. Soil pH KCl – 6.33, organic matter content 23.1 g kg⁻¹, plant available phosphorus (P₂O₅) – 92.5, potassium (K₂O) – 110.7 mg kg⁻¹.

The second trial was established in 2000. Soil – sod stagnogley (*Endostagnic Hypocutanic Luvisol (Endoabruptic, Hypereutric) – WRB 2006*), sandy loam, well cultivated, drained. Soil pH KCl – 7.24, organic matter content 25.6 g kg⁻¹, plant available phosphorus (P₂O₅) – 96.3, potassium (K₂O) – 66.6 mg kg⁻¹.

The third trial was established in 2001. Soil – stagnogley sod-podzolic (*Hypostagnic Cutanic Albeluvisol (Hypereutric) – WRB 2006*), loam, well cultivated, drained. Soil pH KCl – 6.79, organic matter content 19.3 g kg⁻¹, plant available phosphorus (P₂O₅) – 156.0, potassium (K₂O) – 142.3 mg kg⁻¹.

In all trials, in autumn of the previous year prior to sowing bare fallow was formed. Weed control was done by herbicide application (4 L ha⁻¹ raundap). Laid out according to trial scheme, each separate trial plot received broadcast application of mineral fertilizers: phosphorus as granulated superphosphate (20% P₂O₅) and potassium as potassium chloride (60% K₂O).

In all trials, plots were sown to tetraploid perennial ryegrass at 12 kg ha⁻¹ with ‘Spīdola’ (germination power 99%, seeding rate – 12 kg ha⁻¹, row spacing – 12.5 cm) in mid-May using a seeder ‘Nordsten’.

Weeds were controlled with herbicide MCPA 750 (1.5 L ha⁻¹) in mixture with granstar (10 g ha⁻¹) during all trial years.

In field trials, three factors (NPK) with total treatment number 17 replicated four times were investigated according to so-called “star” scheme (Хикс, 1967) added with control treatment N₀P₀K₀ + absolute max. N₁₂₀P₁₂₀K₁₆₀. Total plot area was 17.5 m² (5 m × 3.5 m), check plot area – 13.5 m² (4.5 m × 3 m).

For data processing, treatments were grouped and designated corresponding to fertilizer rate applied. In trial, five levels of fertilizer were compared. For nitrogen – 0; 30; 60; 90 and 120 kg ha⁻¹ N, for phosphorus – 0; 30; 60; 90 and 120 kg ha⁻¹ P₂O₅, but for potassium – 0; 40; 80; 120 and 160 kg ha⁻¹ K₂O. Characterization of treatments, i.e. plant nutrients applied are presented in Table 1.

Weather data recorded by Skrīveri meteorological station were used. In general, weather conditions during all trial years were comparatively favorable for the growth and development of perennial ryegrass. However weather conditions were best for yield formation in 2002, but adverse weather conditions – in 2000 resulting in considerable fluctuations in yields of seeds.

In seed fields, in the 1st and 2nd production year (2002 and 2003) perennial ryegrass swards were sampled to estimate photosynthetic activity. In each plot, in the area of 0.5 m² ryegrass was cut by hand using a sickle. From the cut biomass a sample 200 g in weight was taken in 2 replications. This sample was used to determine leaf area index (LAI). It was determined employing discs’ method (Ничипорович et al., 1961). Photosynthesis net productivity (PNP) was determined following the method described by Kidd, West and Briggs (Ничипорович et al., 1961).

In three years of trials, in the 1st production year the yield of grass green material was recorded in cut 1. In plots used for seed production samples of green material were taken cutting area 1 m² in size and counting it off the area of seed-production plots. From each fertilizer treatment in 2 replications, cutting the sward at early flower, samples of green material 1 kg in weight were taken and weighed with precision ±0.01 kg. These samples were used for dry matter (DM) determination (dried at 105 °C to constant mass).

Prior to seed harvest, from each trial plot in 4 replications, using a frame, from the area 0.05 m² 72 paired samples were taken and analyzed for yield structure. Productivity of an ear (stem number, stem length, number of spikelets per ear, seeds number per spikelet) was analyzed for each collected sample in 2 replications. 1000-seed weight was determined by the standard method (ISO 520).

Resistance to lodging was estimated visually prior to harvest inspecting each trial plot, and expressed in scores using a scale 1-9, where 9 is when sowing is practically free from lodging and 1 – when sowing is completely lodged.

During harvest, seed samples were taken from each treatment (about 0.2 kg each) to determine quality and chemical composition of seeds.

Seed was harvested using grain harvester ‘Sampo 130’ at the onset of seed ripening, determining both yields of seed and straw. Yield data are expressed at 100% seed purity and 15% standard moisture.

Soil samples were analyzed at the laboratory of LLU Institute of Soil and Plant Sciences. Soil textural class was determined employing pipette method (ISO/DIS 11277). Humus content – by Tyurin’s method (LV ST ZM 80–91), soil reaction – potentiometrically (ISO 10390). Available phosphorus and potassium – by Egner-Riehm (DL) method (LV ST ZM 82–97).

Plant chemical analyses were performed at the Analytical laboratory of ZZI employing standard methods approved by the Latvia State: dry matter (DM) was determined drying a sample at 105 °C until constant weight (ISO 6496), total nitrogen (TN) - by the Kjeldahl method ((ISO 5983), crude protein (CP) – multiplying total nitrogen content by coefficient 6.25. Crude fat (CF) was determined by the Soxhlet method (ГОСТ 1349.15–85), crude fiber – by Hennenberg-Stockman (ГОСТ 13496.2–84), crude ash – combustion in oven at 550 °C (ISO 5984). To determine total phosphorus, potassium and calcium, ash extract was made. Phosphorus was determined colorimetrically (ISO 6491),

calcium – titration by trilon B (ISO 6490/1), potassium – flame photometric determination (LV ST ZM 82 – 97). N-free extracts were calculated as difference between total weight of a sample and humidity, crude ash, crude protein, crude fat and crude fiber content in plants. Dry matter digestibility (DMD) was determined by calculation method.

Plant green material, seeds and straw were analyzed. According to yield and chemical composition of seeds and straw, amounts of N, P₂O₅ and K₂O removed from soil were calculated. To determine utilization of soil PK compounds and plant nutrient utilization applied with mineral fertilizers, the method of “difference” was employed.

Agronomic effectiveness of fertilization was calculated dividing perennial ryegrass yield increase obtained under the influence of fertilizer with amount of plant nutrients used.

Prices of mineral fertilizers, what on average they were in 2008 according to AMPC (Agricultural Marketing promotion centre) data, were used for economic calculations. For mineral fertilizers used in trials, the price of 1 kg nitrogen a.i. accounted for 0.70 Ls, phosphorus (P₂O₅) – 0.90 Ls, and that of potassium (K₂O) – 0.54 Ls.

Data were statistically analyzed employing variance analysis, correlation analysis and many-factor regression analysis (*Excel*).

RESULTS

Productivity of perennial ryegrass

Seed yield. On the average for three trial years, seed yields between treatments averaged 591 kg ha⁻¹ in the 1st production year and 384 kg ha⁻¹ in the 2nd production year, i.e., by 35% less. The highest average seed yield of the 1st production year was attained in 2002 – 645 kg ha⁻¹, but lowest – 485 kg ha⁻¹ – in 2000.

It was stated, that all nitrogen fertilizer rates, depending on fertilizer applied, provided seed yield increase significant at 95% level. In the 1st production year, N fertilizer rates applied in growing succession – 30 – 60 – 120 kg ha⁻¹, compare to control treatment (N₀), resulted in seed yield increase respectively by 59.4 – 76.2 – 93.9 – 107.0%.

However, nitrogen fertilizer use efficiencies in raising seed yields decreased with the increase of nitrogen rates as proved by calculus about seed yield increase per 1 kg N applied. At the nitrogen rate N₃₀, 1 kg N applied gave 5.9 kg seeds, but at the nitrogen rates N₆₀, N₉₀ and N₁₂₀ seed yield increase per 1 kg N applied was respectively 4.6, 3.6 and 3.1 kg. When estimating seed yield increases obtained with each successive N fertilizer rate compare to previous one, it is stated, that the increase of N rates from 30 to 60 kg ha⁻¹ per 1 kg N applied resulted in 1.9 kg

seeds, but the increase from 60 to 90 and from 90 to 120 kg ha⁻¹ per each kg N applied resulted only in 2.0 and 1.5 kg seeds, respectively.

In the 2nd production year, N fertilizer effect on seed yield was considerably greater. Under the influence of N fertilizer rates 30 – 60 – 90 and 120 kg ha⁻¹, seed yield, compare to control, increased respectively by 91.2 – 216.8 – 320.8 and 384.0%. These data are indicative of considerably higher influence and importance of N fertilizer in seed fields in the 2nd production year.

The positive effect of potassium fertilizer on seed yield increase was obtained with each successive K fertilizer rate. However, statistically significant increase to that of control treatment K₀ was only stated in treatments with two highest K fertilizer rates applied – 120 and 160 kg ha⁻¹ K₂O.

Phosphorous fertilizer had any marked influence on seed yield of perennial ryegrass. The highest seed yield was achieved in treatment with P fertilizer rate 90 kg ha⁻¹, however this increase is not significant at 95% level.

In the 2nd production year, N fertilizer use efficiency in perennial ryegrass seed fields was as follows: per each kg N applied the nitrogen rate N₃₀ provided 3.8 kg seed yield increase, but application of N₆₀ – N₉₀ – N₁₂₀ respectively resulted in 4.5, 4.5 and 4.0 kg seeds.

Increasing N rates from 30 to 60 kg ha⁻¹, 1.9 kg seeds were attained with each kilogram N applied, but the increase of N rates from 60 to 90 kg ha⁻¹ and from 90 to 120 kg ha⁻¹ resulted in 2.0 and 1.5 kg seed yield increase, respectively. These data confirm, that in the 2nd production year higher seed yield increase in seed-fields of perennial ryegrass ‘Spīdola’ was achieved with increased nitrogen fertilizer rates – i.e., N₉₀ kg ha⁻¹.

In the 2nd production year as well, the average seed yield was highest (554 kg ha⁻¹) in 2003, but lowest (259 kg ha⁻¹) in 2001. Like in the 1st production year, in the 2nd production year as well significant seed yield increase was obtained in all nitrogen fertilizer treatments. Each successive rate of potassium and phosphorous fertilizer increased seed yield, compare to control treatment, though this increase is significant only in treatment with higher potassium fertilizer rate (K₁₆₀ kg ha⁻¹). Significant seed yield increase was obtained in three treatments with phosphorous fertilizer rates – 60, 90 and 120 kg ha⁻¹ P₂O₅ (Table 2). Both phosphorous and potassium fertilizer rates P 60 kg ha⁻¹ and K 90 kg ha⁻¹ in the 2nd production year contributed to significant seed yield increase compare to the lowest rate of the corresponding fertilizer.

Summing up the results of our research on the influence of fertilizer on perennial ryegrass seed field productivity in swards in the 1st and 2nd production years, we can conclude that in the 1st production year lower rates of N fertilizer – 30 and 60 kg ha⁻¹ – were most effective resulting in 5.9 and 4.6 kg seeds per 1 kg N applied compare to 3.6 and 3.1 kg when respectively applying N₉₀ and N₁₂₀, while in the 2nd production year application of N fertilizer rates 60 and 90 kg ha⁻¹ resulted in 4.5 kg seeds obtained per 1 kg N applied compare to 3.7 and 4.0 kg seeds obtained with N₃₀ and N₁₂₀, respectively.

Phosphorous fertilizer in the 1st production year was more effective with rates 60 and 90 kg ha⁻¹ – 0.28 and 0.34 kg seeds per 1 kg P₂O₅ applied were obtained. In the 2nd production year phosphorus was of greater importance compare to the 1st production year: application of 60, 90 and 120 kg ha⁻¹ resulted in 0.8, 0.4 and 0.4 kg seeds per 1 kg P₂O₅ applied.

Potassium fertilizer rate K₄₀, in its turn, was more effective in the 1st production year – 0.85 kg seeds per 1 kg K₂O applied were obtained. K fertilizer rates 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ gave seed yield increase of 0.48, 0.38 and 0.56 kg, respectively. In the 2nd production year, potassium had not significant effect on seed yield increase.

Analyzing seed yield increases taken in both production years together, it was stated that agronomically nitrogen fertilizer rate N₃₀ was most effective resulting in 10.6 kg seeds per 1 kg N applied, P₆₀ – producing 1.1 kg seeds and K₁₆₀ – yielding 0.8 kg seeds per 1 kg applied fertilizer a.i. (Table 2). Consequently, it may be forecasted that N₃₀P₆₀K₁₆₀ is agronomically most profitable NPK fertilizer rate applied in seed fields.

To determine total effect and interaction of applied nutrients on yield of perennial ryegrass seeds, regression analysis was employed for each trial year separately. Obtained results are interpreted by the first and the second equation.

Regression equations:

1st production year:

$$Y = 322.61 + 5.081 N + 0.484 P + 0.92 K - 0.023 N^2 - 0.007 P^2 + 0.012 NP - 0.009 NK; R^2 = 0.65 \quad (1)$$

2nd production year:

$$Y = 83.80 + 5.15 N + 0.39 P + 0.16 K - 0.008 N^2 - 0.0017 NP; R^2 = 0.76. \quad (2)$$

The influence of nitrogen depends on the age of a sward. Thus, in seed-fields in the 1st production year gradual increase of nitrogen rates from N₃₀ to N₁₂₀ resulted in seed yield increase by 59.4 – 107.0%, but the highest seed yield increases per each kg N applied were obtained with nitrogen fertilizer rates up to 60 kg ha⁻¹, while in the 2nd production year the increase of N rate from 30 to 120 kg ha⁻¹ resulted in seed yield increase by 91.2 – 384.0%, however yield increases were highest with N fertilizer rates N₉₀₋₁₂₀ kg ha⁻¹.

It could be explained with the formation of thicker grass sward under the influence of higher N fertilizer rates applied in the 1st production year, which caused excessive lodging and, in such a way, losing a part of seed yield, while in the 2nd production year higher mineral fertilizer rates contributed to a better sward formation, yet sward was thinned out and less lodging was observed.

Dry matter yields. In field trials, yield and quality of perennial ryegrass was determined in the 1st production year for cut 1 performed at early flower. On average in the 1st production year, the highest dry matter (DM) yield of ryegrass was harvested in 2001 – 5.16 t ha⁻¹, on average in three years 4.58 t DM ha⁻¹. Grass

yields obtained in different fertilizer backgrounds showed the great importance of nitrogen fertilizer in yield formation – in all treatments with nitrogen fertilizer application statistically significant increase in perennial ryegrass DM yield was obtained.

On the average between three years of trial, significant increase in grass yield was provided by each subsequent nitrogen fertilizer rate applied compare to previous one (N₆₀ to N₃₀, N₉₀ to N₆₀, N₁₂₀ to N₉₀). However, increasing nitrogen fertilizer rates from N₀ to N₁₂₀ resulted in gradual decline of nitrogen fertilizer efficiency. Thus, on average between all treatments of PK background and 3 years of trial, under the influence of nitrogen rate N₃₀, grass DM yield, compare to treatment N₀, increased by 1.56 t ha⁻¹, i.e. by 67% compare to control treatment – yielding 52.0 kg DM per 1 kg N applied. Under the influence of nitrogen rate N₆₀, the increase of grass DM yield accounted for 2.30 t ha⁻¹, i.e., by 99% more than in control treatment, but per 1 kg N applied 38.3 kg grass DM were obtained. N rates 90 and 120 kg ha⁻¹ respectively provided grass yield increase by 3.21 and 3.72 t ha⁻¹ or by 138 and 160% more than in control treatment, but grass yield increase per 1 kg N applied was only 35.7 and 31.0 kg DM. Comparatively, nitrogen fertilizer return with obtained grass yield was most insignificant for N rate 120 kg ha⁻¹, the increase of N rate from 90 to 120 kg ha⁻¹ resulted only in 17.0 kg grass DM per every kg N applied. Determining correlation indices, which influence changes in perennial ryegrass DM yields, the above mentioned tendency was observed – nitrogen fertilizer has close positive correlation with grass DM yield (Table 3).

The increase of potassium fertilizer rates also had significant positive effect on the increase of grass DM yield. In 2001 and on average between three years of trial (in treatments K₁₂₀₋₁₆₀) the increase in grass DM yield was significant. Whereas the obtained yield increase under the influence of increased phosphorous fertilizer rates was not significant at 95% level, although a tendency of increase was shown, except 2002.

Out of NPK fertilizers, N f had the greatest effect on grass DM yield – under its influence grass yield increased along with the increase of fertilizer rates. So, gradual increase of N rate from 30 to 120 kg ha⁻¹ (30 – 60 – 90 – 120) resulted in grass yield increase respectively by 67, 99, 138 and 160%, compare to control treatment (N₀). However, the highest N fertilizer efficiency, when calculated by grass DM increase per 1 kg N applied, was observed in treatments N₃₀ and N₆₀ (respectively 52.0 and 38.3 kg DM).

Applying increased N rates (N₉₀ and N₁₂₀), grass yield increase, in general, was obtained, nevertheless it decreased per 1 kg N applied, making respectively 35.7 and 31.0 kilograms. So, from the point of view of efficiency, profitability estimation in N fertilizer rates is useful.

Phosphorous fertilizer had a positive effect on grass DM productivity only up to a certain rate – P₂O₅ 30 kg ha⁻¹, subsequent increase of phosphorous fertilizer rates only showed a positive tendency, but grass yield increase was not statistically

significant. Under the influence of the increased P fertilizer rate (P_{120}), grass DM yield even somewhat decreased.

The positive effect of potassium fertilizer on grass DM yield increase was greater than that of phosphorous fertilizer, even increased K fertilizer rates – 120 – 160 kg ha⁻¹ K₂O gave statistically significant yield increase.

Fertilizer influence on perennial ryegrass quality

Quality of grass dry matter yield. The yield quality of grass is characterized by chemical composition, which is influenced by biological peculiarities of plants, harvesting regime and factors of growth. Crude protein (CP) content is the main determinant of forage quality.

In trials, the average content of CP and N-free extracts in grass dry matter was highest in 2000 – respectively 10.89% and 58.45%. In subsequent years these indices were lower, while crude fiber content, on the average for trial years, was highest in 2002 – 28.76%. Accordingly, DM digestibility was also lowest in 2002 – 50.37%, but the highest average crude fat content was stated in 2001 – 3.12%. Content and yield of CP obtained with grass yield were greatly influenced by N fertilizer. So, at equal PK fertilizer ($P_{60}K_{80}$), nitrogen rate N_{60} on the average in three years increased CP content in grass dry matter by 0.14%, its total yield – by 218 kg ha⁻¹ but, under the influence of nitrogen rate N_{120} , CP content increased on average by 2.26%, increasing total yield by 502 kg ha⁻¹. Consequently, nitrogen fertilizer rate N_{60} provided increase of CP yield by 98% compare to treatment N_0 , obtaining 3.6 kg CP per 1 kg N applied, but nitrogen rate N_{120} increased CP yield by 226%, providing per 1 kg N applied CP yield 4.2 kg. Nitrogen fertilizer has had close positive effect also on changes in crude protein and crude fat content in dry matter of perennial ryegrass yield, as well as close negative effect on the content of N-free extracts.

Analyzing grass quality indices depending on P and K fertilizer, it was stated that neither P nor K had any close effect on changes in quality indices studied (see Table 3).

Crude fiber content, on the average in three years of trials, changed within the range of 24.7% to 29.0%. Increasing NPK rates, crude fiber content in perennial ryegrass dry matter did not increase significantly. Perennial ryegrass has good DM digestibility, – in trials, on the average in three production years, it was 61%.

N-free extracts (NFE), on the average in three years of trials, were 54.1%. With the increase of N rates, NFE content in grass DM decreased, and it is logically, because CP content increased.

Summarizing results on the influence of mineral fertilizers on the quality of perennial ryegrass DM yield, it is concluded that grass yield quality indices were mostly influenced by N fertilizer – under its influence both protein content in grass dry matter and total yield of crude protein per hectare increased.

So, in treatments N_{60} and N_{120} , compare to N_0 (on $P_{60} K_{80}$ background), CP content in grass dry matter increased respectively by 0.14 and 2.66%, but CP yield per hectare increased by 98 and 226%.

Yield and chemical composition of straw. In trials, the highest yields of straw, on the average in three years, were obtained in the 1st production year – from 1958 kg to 5918 kg ha⁻¹, in the 2nd production year – on the average from 862 to 6013 kg ha⁻¹. Increased N rates resulted in increased yields of straw (Fig. 1).

Straw yield in the 1st production year was not influenced by N fertilizer. Calculation results on straw yield increase, expressed per 1 kg N applied, confirm this observation. Application of N_{30} resulted in 49.2 kg straw per 1 kg N applied, but application of N_{60} , N_{90} and N_{120} – 40.1, 33.9 and 31.49 kg ha⁻¹ straw, respectively.

Application of NPK fertilizer influenced CP content in straw. So, in 2000 in straw dry matter in control treatment ($N_0P_0K_0$) the CP content was 2.54%, but with the increase of fertilizer rates increased up to 5.19% ($N_{120}P_{120}K_{160}$). The CP content was lowest in 2001, in control treatment it was 1.89%, but in treatment $N_{120}P_{120}K_{160}$ – 4.38%. In 2002, in its turn, it was 2.11% and 4.59%, respectively. Thereby, the increase of nitrogen rates resulted in increased CP content in straw.

Fertilizer rates did not affect significantly crude fiber content in straw. The highest crude fiber content in straw was observed in 2001 – on the average 43.55%, but crude protein content was lowest in this year – 2.74% on average.

Crude fat content in straw was 1.79% on the average in three years of trial. Fertilizer applied did not have significant effect on crude fat content in straw. Content of N-free extracts in straw dry matter was 50.32% on the average in three years of trial. NFE content was not influenced significantly by different fertilizer rates.

As straw quality changed little under the influence of fertilizer, then also straw digestibility of perennial ryegrass ‘Spīdola’ did not change significantly under the influence of NPK fertilizer rates and was 28.75% on average.

Phosphorous fertilizer had a positive effect on P content in perennial ryegrass straw – on the average in three years of trial it increased from 0.12% in control treatment to 0.16% in treatment $N_{120}P_{120}K_{160}$.

Potassium fertilizer considerably influenced K content in straw. Under the influence of increased fertilizer rates, K content in straw dry matter increased. On the average in three production years, K content in straw was 1.42%, increasing from 1.24% in control treatment up to 1.62% in treatment $N_{120}P_{120}K_{160}$.

Content of magnesium and calcium did not change significantly under the influence of increased fertilizer rates. On the average in three years of trial, it was 0.24% CaO. Magnesium content, in its turn, was 0.13 % MgO on the average between three years of trial, being highest in 2002 – 0.16%.

Chemical composition of seeds. Seeds of the 1st production years were evaluated. The increase of N fertilizer rates resulted in increased nitrogen content in seeds. On the average in three years of trial, it was 1.67% in treatment $N_0P_{60}K_{80}$ increasing up to 2.11% in treatment $N_{120}P_{60}K_{80}$. N content in perennial ryegrass

seeds was highest in 2000 in treatment $N_{120}P_{60}K_{80}$ – 2.37%. Increasing of fertilizer rates resulted in increased nitrogen content in seeds.

Phosphorus content in seeds was not influenced significantly by the increase of NPK fertilizer rates – it was 0.40% on the average in three years of trials. The average of fertilizer rates significantly influenced potassium content in seeds. On the average in three years of trials, it increased from 0.50% in treatment $N_0P_0K_0$ to 0.74% in treatment $N_{90}P_{30}K_{120}$ or by 24%.

Determinant factors of perennial ryegrass productivity and yield formative elements

Lodging is a significant factor, which influence seed yield. The increase of N fertilizer rates resulted in decline in perennial ryegrass lodging resistance. In the 1st production year, lodging was insignificant in treatments free from N fertilizer, but in the 2nd production year lodging was not at all observed. In treatments with nitrogen fertilizer rates 30 and 60 kg ha⁻¹ symptoms of lodging were already observed, but application of nitrogen rates reaching 90 kg ha⁻¹ and more resulted in severe lodging of a sward.

In general, higher lodging was observed in swards in the 1st production year – the average evaluation of lodging resistance was 4.90 scores against 6.73 scores in the 2nd production year. Differences between years were observed as well. For perennial ryegrass sward of the 1st production year resistance to lodging was lowest in 2001 – only 3.87 scores on average, however in the same year the sward of the 2nd production year had the highest resistance to lodging – 7.35 scores on average. Resistance to lodging could be explained with sward density – in the 1st production year it was thick, well-tillered and, with this, resistance to lodging was lower, but in the 2nd production year sward was already thinned out and had become sparse, therefore resistance to lodging was higher. Lodging resistance of ryegrass sward was directly related with sward density – results show that in the 2nd production year sward density was on average by 305 plants per 1 m² less than in the 1st production year. At high densities, plant leaves and stems shade each other and photosynthesis intensity declines due to light and CO₂ deficiency.

In trials established in 2001, the average lodging resistance between treatments was equal in both subsequent production years – in the 1st production year in 2002 – 5.74 scores and in the 2nd production year in 2003 – 5.85 scores.

Results of correlation analysis show close negative correlation between N fertilizer rates and lodging resistance. In all cases correlation is significant – exceeds critical value $r_{0.05} = 0.482$. In 6 years total (three 1st production and three 2nd production years), the influence of N is even greater – $r = -0.986$. Whereas changes neither in P nor K fertilizer rates do not show significant correlation with perennial ryegrass lodging resistance significant at 95% level.

Research on lodging level in swards of different age show that in seed-fields in the 1st production year lodging is more expressed and lower seed yield to a certain extent.

Sward density. Nitrogen fertilizer significantly influenced sward density contributing to better tillering of plants and increase in new shoot numbers per unit area. Effect was particularly positive in the 2nd production year, when sward thinned out. These research results substantiate the above mentioned about significant effect of N fertilizer on seed yield formation in older swards, in swards of the 2nd production year.

Analysis of correlations show that N fertilizer has close and statistically significant ($r_{\text{fakt.}} > r_{0.05}$) positive effect on sward density, particularly in the 2nd production year as well as in the 1st production year in 2001 and 2002. However, neither P nor K fertilizer effect does not prove significant at 95% level.

1000-seed weight. Nitrogen fertilizer did not influence 1000-seed weight significantly. Differences were observed only between years, indicating that meteorological conditions of a definite year take an important place among factors, which influence yield. Separately between years, 1000-seed weight was highest in the 1st production year in 2001 – from 3.04 g in treatment $N_0P_0K_0$ to 3.35 g in treatment $N_{60}P_{60}K_{120}$, because in this year hydrothermic coefficient was highest – 2.53, which had a beneficial effect on the increase of 1000-seed weight. On average in 3 production years, both in the 1st and 2nd production year N rate up to 60 kg ha⁻¹ only somewhat increased 1000-seed weight not exceeding mathematical error limits (respectively by 0.03 and 0.05 g), but under the influence of N rate 120 kg ha⁻¹, 1000-seed weight in the 1st and 2nd production year increased respectively by 0.15 and 0.09 g, which is statistically significantly ($RS_{0.05} = 0.093$ and 0.081).

Analyzing relationships between 1000-seed weight and fertilizer applied, correlation coefficients in the 1st production year were significant only with nitrogen fertilizer – in 2000, $r = 0.58$, in 2001, $r = 0.71$, and on the average between the 1st production years $r = 0.78$. In every year (2001, 2002, 2003) of the 2nd production year and on the average between all years correlation was very low, but on the average in three years negative – $r = -0.06$.

P and K fertilizer neither in the 1st nor in the 2nd production year had any significant effect on 1000-seed weight.

Stem length. As lodging is dependent, to some extent, on length of stem, the role of stem length in yield formation was researched. As indicated by 3-year data of the 1st production year, N fertilizer on the average in all years increased the length of stems by 13 cm compare to unfertilized treatment, but in the 2nd production year – by 9 cm. In both production years, nitrogen had an important role in stem length increase as indicated by significant positive correlation ($r = 0.90$ and $r = 0.94$).

Spikelet number per ear in both years of perennial ryegrass production was not significantly influenced by NPK fertilizer rates. Coefficient $r_{0.05}$ critical = 0.482.

A tendency was observed that spikelet number per ear decreased on average from 18.2 to 17.0 spikelets in the 2nd production year compare to the 1st production year.

Seed number per spikelet was not significantly increased by N and K, however P fertilizer show significant positive correlation ($r = 0.65$) with seed number per spikelet. However seed number per spikelet is, to a great extent, dependent on climatic conditions but, to a lesser extent, on fertilizer applied.

Analyzing correlative relationships between seed yield forming indices, it can be stated, that in total negative correlation is established between lodging resistance and all the rest of seed yield forming indices in all fertilizer treatments (Table 4). Correlation was significantly negative at 95% level between lodging resistance and spikelet number per ear, but it was even more expressed, significant negative at 99% level between lodging resistance and other indices.

Also for number of stems per m² and length of stems correlation analysis show significant relationships with all the rest of the investigated indices. Both of these indices have significant negative correlation with lodging resistance – increase in stem length and sward density resulted in decline of perennial ryegrass lodging resistance. Close positive correlation is established between number and length of stems – plants growing at higher densities under conditions of intraspecific competition had longer stems than growing at low density.

Increased number of stems per area unit and greater length of stems positively correlate also with 1000-seed weight as well as with spikelet number per ear, and particularly with seed number per spikelet.

Seed number per spikelet has shown significant positive influence on 1000-seed weight significant at 99% level. Correlation significant at 95% level is not established between number of spikelets per ear and seed number per spikelet.

Phytometric indices

Leaf area index (LAI) is a parameter which shows, how many times leaf surface is greater than soil area occupied by plants. It is one of the most important phytometric indices. Amount of leaves in a sward is a very important parameter as leaves intercepts solar energy and provide photosynthesis.

In the 1st production year, the average leaf area was 7.11 m² m⁻² soil. LAI, depending on fertilizer rates, changed on the average from 3.83 (N₀P₀K₀) to 9.24 m² m⁻² (N₁₂₀ P₁₂₀K₁₆₀). The highest LAI was achieved in treatments with the highest N fertilizer rate applied. LAI was, to a great extent, influenced by the age of swards and weather conditions during leaf formation. In the 2nd production year, the role of N fertilizer in the growth and development of perennial ryegrass was more expressed. On the average, in all N fertilizer treatments significantly higher LAI values were obtained compare to control treatment. In the 2nd production year, the average LAI was 3.87 m² m⁻². So, in a sward of the 2nd production year LAI

was considerably lower than in previous trial year and ranged from 1.25 (N₀P₀K₀) to 7.25 (N₁₂₀P₁₂₀K₁₆₀). It could be explained with exceedingly rapid development of ryegrass at the initial period of growth already beginning with the seeding year as well as with significant decline in sward density in the 2nd production year. Considerable reduction in LAI values in subsequent production years indicate that forecasting lasting productivity of perennial ryegrass is impossible.

Photosynthesis net productivity (PNP) is an important index in grass swards. It characterizes photosynthetic activity of leaves and shows dry matter increase per leaf area per time unit.

Close negative correlation is established between fertilizer treatments and PNP. In 2002, in treatment N₀, PNP rapidly increased in the 1st half of June, however in N fertilizer treatments, particularly with high fertilizer rates, PNP decreased and was negative on 17 June. It could be explained with unfavorable weather conditions, heavy rainfall resulted in a lodged sward (HTC in June was 3.58). On the average in 2002 as well, during observation period PNP shows close negative and statistically significant ($p > 0.05$) correlation with applied N fertilizer rate.

In the 2nd production year, PNP was highest at the beginning of June, however at the time of subsequent sampling on 9 June it decreased rapidly. It could be explained with high atmospheric temperatures and pronounced rainfall deficiency (1 mm) at this period. Plants in adverse weather conditions utilize accumulated nutrients, for that reason increase in PNP is not observed. Correlation between PNP and applied N fertilizer rate is not statistically significant in either time of sampling.

Comparing average results of both production years, it can be concluded, that, like leaf area index, PNP was higher in the 1st production year – 5.30 against 3.30 g m⁻² per day/night in the 2nd production year. It shows, that perennial ryegrass is grass of rapid development and is characterized by the decrease of phytometric indices already beginning with the 2nd production year.

Photosynthetic activity is greatly influenced by weather conditions and is declining both under conditions of heavy rainfall with lowered atmospheric temperature and in excessive drought under conditions of moisture deficiency with heightened air temperature.

Evaluation of agronomic efficiency of fertilization

Agronomic efficiency of applied fertilizer was evaluated according to the following criteria: NPK removal; applied fertilizer NPK utilization; NPK balance; soil PK utilization, yield increase per 1 kg fertilizer applied.

Removal. Calculation was done considering dry matter mass of the obtained corresponding yield component (seeds, straw, chaff) per hectare and concentration of fertilizer element in dry matter of the determined component. Data analysis

clearly showed a tendency that: 1) increased amount of the corresponding element in fertilizer resulted in increased removal of this element ($R^2 = 0.950$); 2) increase of other elements in fertilizer increased N and P removal with yield, however relationships are not explainable with pair correlation.

In general, economic removal of nutrients (that, what is annually removed from the field) reached max. 125.96 kg ha⁻¹ N (Fig. 3), 37.88 kg ha⁻¹ P₂O₅ and 247.01 kg ha⁻¹ K₂O. It was observed in treatment with the highest fertilizer rate – respectively N₁₂₀P₁₂₀K₁₆₀. Hence, it may be supposed that perennial ryegrass, when grown for seed production, require medium amounts of nitrogen while showing the greatest response to potassium.

Relationship between nitrogen utilization and N fertilizer applied is shown in Fig. 3. In this case, background treatment was taken as a point of reference. Coefficient of determination is not high as N removal and wherewith utilization is influenced by P and K fertilizer rates (interaction of factors). Similar relationship was observed regarding K utilization. In control treatment, annual average K₂O removal accounted for 23.18 kg ha⁻¹, in background treatment (N₆₀P₆₀) – considerably (2.75 times) more – 63.75 kg ha⁻¹.

Wherewith, in calculations based on background treatment, with application of N rates below 60 kg ha⁻¹ negative values of K fertilizer utilization coefficient were obtained.

For potassium utilization coefficient, logical interrelationship with applied K fertilizer is not observed, however relationships are established with applied N fertilizer.

Balance of plant nutrients. Plant nutrient balance is the difference between plant nutrient mass introduced into soil and that removed from the soil.

Evaluation of the obtained results can lead to conclusions, that:

- with input of 90 – 120 kg ha⁻¹ N into soil, nitrogen balance was 45 – 67 kg ha⁻¹, or 187 – 232%, which is an acceptable index for perennial grasses;
- favorable phosphorus balance formed in treatments N₉₀P₃₀K₁₂₀ and N₉₀P₃₀K₄₀, i.e., applying sufficiently N, but moderately – P fertilizer;
- K fertilizer applied at the rate below 80 kg ha⁻¹ K₂O resulted in negative balance. However, considering also interaction of other yield affecting nutrients, annual potassium amount should be above 120 kg ha⁻¹ K₂O.

Soil nutrients utilized by plants. Comparing economic PK removal (seeds, straw and chaff) to soil PK, utilization coefficient was calculated. It shows the proportion of plant nutrients annually removed from field total soil stock with yield. Calculation results are summarized in Table 5.

Annual soil P utilization was not high ranging from 0.41 to 1.84%, it was obviously higher in treatment with application of N and K fertilizers. Potassium utilization was considerably higher and it was particularly high in treatments where N and P fertilizer were applied. Hence, proper attention should be paid to K

sufficiency level provided by means of fertilization as perennial ryegrass is a forage crop responsive to this nutrient.

Seed yield increase per 1 kg fertilizer applied. Yield increase, calculated per 1 kg fertilizer applied, is a parameter which can be used in fertilization efficiency evaluation. In perennial ryegrass, seed yield increase from 1 kg NPK a.i. applied was from 0.40 to 2.23 kg seeds (Fig. 5).

To increase fertilization efficiency, decreased fertilizer rates are, obviously, not solution of the problem because then, corresponding to trial results, the use of potassium mineral fertilizer should be considerably restricted what would have negative impact on K balance in soil because of considerable potassium removal with yield.

Economic evaluation of perennial ryegrass seed production

In trials, seed production costs of perennial ryegrass in the 1st production year were from 168.52 Ls ha⁻¹ in treatment N₀P₀K₀ to 491.58 Ls ha⁻¹ in treatment N₁₂₀P₁₂₀K₁₆₀. The highest gross income was obtained in treatment N₉₀P₉₀K₄₀ – 690.72 Ls ha⁻¹. Such costs and income were obtained, when perennial ryegrass seeds were produced only for one year. In case of two production years, constant costs (expenses used for establishing sward) decreased twice, in general, lowering total costs to a certain extent (from 168.52 to 130.35 Ls ha⁻¹).

On average, total costs in two production years of perennial ryegrass seeds were from 130.35 Ls ha⁻¹ (N₀P₀K₀) to 427.43 Ls ha⁻¹ (N₁₂₀P₁₂₀K₁₆₀). The highest gross income 1609.27 Ls ha⁻¹ was obtained in treatment N₁₂₀P₆₀K₈₀ or by 3.4 times more than in control treatment.

In case of one production year, the average income from all treatments was 535.00 Ls ha⁻¹, in case of two production years the average income per hectare was 1173.71 Ls, i.e., by 638.71 Ls ha⁻¹ more. Consequently, from the economic point of view, two production years of perennial ryegrass seeds are profitable – irrespective of somewhat lower seed yield, a certain decrease in expenses was achieved, when seed fields were established and generally higher gross income was obtained.

CONCLUSIONS

Results of field trials and analyses performed suggest the following conclusions:

1. The level of perennial ryegrass seed yield was influenced significantly by several factors:
 - fertilizer – on average between all NPK treatments, the productivity of seed fields in the 1st production year, compare to control (N₀P₀K₀), increased 1.9 times (591 kg ha⁻¹ to 311 kg ha⁻¹ seeds), in the 2nd production year – 3.8 times (384 kg ha⁻¹ to 102 kg ha⁻¹ seeds);
 - age of sowing used for seed production – in the 1st production year, in seed-fields the 3-year average seed yield was 591 kg ha⁻¹, but in the 2nd production year – 384 kg ha⁻¹, i.e., by 35% less;
 - meteorological conditions during seed formation and harvest – in the year 2002, which was most favorable for perennial ryegrass growth, in the 1st production year the average seed yield of 646 kg ha⁻¹ was obtained, but in comparatively unfavorable year 2000 – 485 kg ha⁻¹, i.e., by 25% less.
2. Out of NPK fertilizer components, nitrogen had the greatest influence on yield of perennial ryegrass seeds. Nitrogen efficiency differed in different production years – it was significantly higher in the 2nd production year: in the 1st production year the increase of N rates from N₃₀ to N₁₂₀, compare to control treatment, resulted in seed yield increase by 59.4 – 107.0%, but in the 2nd production year respectively by 91.4 – 384.0%.
3. The level of perennial ryegrass dry matter yield was influenced by NPK fertilizer this way:
 - N fertilizer was most effective – under its influence, grass dry matter yield gradually increased with the increase of N fertilizer rates: the increase from 30 to 120 kg ha⁻¹ resulted in grass yield increase respectively by 67 – 160% compare to control, however the increase of grass dry matter yield per 1 kg N applied decreased to a certain extent with the increase of fertilizer rates – application of nitrogen rate N₃₀ resulted in 52.0 kg grass dry matter yield obtained per 1 kg N applied, but application of N₁₂₀ – only in 31.0 kg dry matter;
 - P fertilizer positively influenced productivity of grass dry matter, however only up to a definite level – P₂O₅ 30 kg ha⁻¹. Subsequent increase of P fertilizer rates showed only positive tendencies in increasing grass yield, yet was not significant;
 - K fertilizer, compare to that of P, influenced grass yield more, – grass dry matter yield increased significantly even up to the maximum rate applied.
4. Grass yield quality indices were most influenced by N fertilizer: under its influence both protein content in grass dry matter and protein yield per

5. Hectare increased considerably. In treatments N₆₀ and N₁₂₀ (background P₆₀K₈₀) crude protein content in grass dry matter increased by 0.14 and 2.66%, but crude protein yield per hectare – respectively by 98 and 226%; increased N fertilizer rates contributed more to increase of crude protein level and yield per hectare than to the increase of grass dry matter yield.
6. Nitrogen fertilizer significantly influenced sward formation in fields used for seed production: under its influence sward density and stem length increased wherewith decreasing lodging resistance. In the 1st production year it caused negative result partly decreasing yield of seeds, but in the 2nd production year promoted tillering. Spikelet number per ear, seed number per spikelet, 1000-seed weight little changed under the influence of NPK fertilizer.
7. Perennial ryegrass is grass of rapid development as indicated by considerably intensive photosynthetic activity in the 1st production year, compare to the 2nd production year, resulting in increased leaf area (on average 7.11 to 3.87 m² m⁻²), higher photosynthesis productivity (on average 5.30 to 3.30 g m² per day/night).
8. Leaf area index and photosynthesis net productivity was significantly increased by nitrogen fertilizer as well as by increased potassium fertilizer, but was not influenced by phosphorous fertilizer however these indices, to a most extent, were influenced by meteorological conditions during development of leaves and by sward age. LAI decreased considerably under adverse weather conditions and already in swards of the 2nd production year (the 3rd year of life cycle).
9. Out of NPK fertilizer rates applied in trials, N₉₀P₃₀K₁₂₀ was agronomically most favorable one. In this treatment the highest fertilizer utilization was achieved both in the 1st and the 2nd production year.
10. Two production years of perennial ryegrass seed fields are more profitable because, regardless of somewhat lower seed yield, a certain reduction in costs was achieved and, wherewith, income per hectare, to a certain extent, increased.
11. To achieve rational and ecologically safe NPK mineral fertilizer utilization in perennial ryegrass fields used for seed production, fertilizer rates adjusted to plant nutrient removal with yield (seed + straw) should be applied, providing N:P:K ratio 1:0.3:2.0.

On-site training

I have had on-site training at the Michigan State University, Department of Plant Breeding and Soil Sciences, East Lansing, Michigan state, U.S.A. in the program: “Breeding methods, seed breeding and cultivation technologies of perennial grasses.” 15 August 2002 – 21 August 2003. Certificate was obtained and common contribution was published in the *Proceedings of the Latvia University of Agriculture*.