



ISSN 1407-4427

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE

RAKSTI

PROCEEDINGS OF THE
LATVIA UNIVERSITY OF
AGRICULTURE

Nr. 18 (313), 2007
JELGAVA

SATURS / CONTENTS

Augsnes pamatapstrādes minimalizācija augsekā III. Sējumu nezālāinības izmaiņas / Minimalization of Primary Soil Tillage in Crop Rotation III. The Changes in Weediness of Sowings: <i>M. Ausmane, I. Melngalvis</i>	1
Pētījumi par NPK bilanci zemnieku saimniecībās VI. Jelgavas raj. Vilces pagasta "Terēni" / Plant Nutrient Balance Studies in Farms of Latvia VI. Farm "Tereni", Jelgava region: <i>I. Līpenīte, A. Kārklīš</i>	9
Maintenance and Financing of Land Drainage in Lithuania / Zemes nosusināšanas sistēmu apsaimniekošana un finansēšana Lietuvā: <i>N. Bastienė, V. Šaulys</i>	17
Biological Value Changes in Wheat, Rye and Hull-less Barley Grain During Biological Activation Time / Kviešu, kailgraudu miežu un rudzu graudu bioloģiskās vērtības izmaiņas bioloģiskās aktivēšanās laikā: <i>T. Rakcejeva, L. Skudra, U. Iljins</i>	25
Govju piena produktivitātes mainību ietekmējošo faktoru analīze / Analysis of Factors Affecting Cows Milk Productivity Traits Variation: <i>D. Jonkus, L. Paura</i>	34
Baktericīdo vielu un antivielu satura izvērtējums dažādās lauksaimniecības sistēmās turēto govju pienā / Evaluation of Antibodies Concentration in Cow's Milk from Different Agricultural Systems: <i>J. Zagorska, I. Ciproviča, V. Miķelsone</i>	45
Investigation of Cow Bone Tissue Structure / Govju kaulaudu struktūras pētījumi: <i>M. Pilmane, I. Zitare, A. Jemeljanovs</i>	51
Slaucamo govju dzemdes morfoloģija pēcdzemdību periodā / Morphology of Cow's Uterus in Postparturition Period: <i>I. Šematoviča, A. Jemeljanovs, M. Pilmane</i>	58
Hematoloģiskie rādītāji kazām pēc to eksperimentālas invadēšanas ar Ostertagia/Teladorsagia circumcincta trešās attīstības stadijas (L3) kāpuriem / Haematological parameters of goats after their experimental invasion with Ostertagia/Teladorsagia circumcincta third development stage (L3) larvae: <i>D. Keidāne, E. Birģele</i>	63
Dažu rentgenomorfometrisko parametru salīdzinošs vērtējums gūžu locītavu displāzijas diagnostikā suņiem / A Comparative Assessment of Some X-ray Morphometrical Criteria for Hip Dysplasia Diagnostics in Dogs: <i>O. Kozinda, Z. Brūveris</i>	70
Saldā ķirša (<i>Prunus avium</i> L.) koksnes anatomisko un fizikāli-mehānisko īpašību pētījumi / Studies of the Anatomical and Physico-Mechanical Properties of Wild Cherry (<i>Prunus avium</i> L.) Wood: <i>G. Pavlovičs, J. Dolacis, A. Alksne, D. Cīrule, J. Hrols, M. Daugaviete, J. Blaho</i>	77

REDKOLĒGIJA / EDITORIAL BOARD

Janis Alsins, vad. pētn., Dr.phil., Upsalas universitātē	Petrs Lazauskas, prof., Dr.habil.biol., Lietuvas Lauksaimniecības universitātē
Biruta Bankina, asoc.prof., Dr.biol., LLU	Imants Liepa, prof., Dr.habil.biol., LLU
Mārtiņš Beķers, prof., Dr.habil.biol., LU	Īzāks Rašals, prof., Dr.habil.biol., LU
Jānis Brauns, prof., Dr.habil.sc.ing., LLU	Kazimirs Špoģis, prof., Dr.habil.oec., LLU
Jānis Greivulis, prof., Dr.habil.sc.ing., RTU	Liudvikas Špokas, prof., Dr.habil.sc.ing., Lietuvas Lauksaimniecības universitātē
Aleksandrs Jemeljanovs, prof., Dr.habil.agr., Dr.med.vet., LLU	Henns Tuherms, prof., Dr.habil.sc.ing., Dr.h.c., LLU
Daina Kārklīņa, prof., Dr.sc.ing., LLU	Jānis Valters, prof., Dr.habil.sc.ing., Ūdenssaimniecības un zemes zinātniskais institūts
Māris Kļaviņš, prof., Dr.habil.chem., LU	Uldis Viesturs, prof., Dr.habil.sc.ing., Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas institūts, LU
Ēriks Kronbergs, asoc.prof., Dr.sc.ing., LLU	Pēteris Zālītis, prof., Dr.habil.silv., LVZMI "Silava"
Rihards Kondratovičs, prof., Dr.habil.biol., LU	
Maija Kūle, prof., Dr.habil.phil., Filozofijas un socioloģijas institūts, LU	

ATBILDĪGAIS REDAKTORS / RESPONSIBLE EDITOR

Aldis Kārklīš, prof., Dr.habil.agr., LLU

© Latvijas Lauksaimniecības universitātē (LLU) 2006

LLU Raksti (Proceedings of the Latvia University of Agriculture) is a scientific journal published by the Latvia University of Agriculture since 1946. The Proceedings operates on a non-profit basis.

Editorial Office: Latvia University of Agriculture, Lielā iela 2, Jelgava, LV-3001, Latvia;
phone: + 371-3005671; fax: + 371-3005685; e-mail: Inga.Skuja@llu.lv.

Printed and bound in Riga by *Drukātava*.

Augsnes pamatapstrādes minimalizācija augsekā

III. Sējumu nezāļainības izmaiņas

Minimalization of Primary Soil Tillage in Crop Rotation

III. The Changes in Weediness of Sowings

Maija Ausmane, Indulis Melngalvis

LLU Augsnes un augu zinātņu institūts, e-pasts: Maija.Ausmane@llu.lv

Institute of Soil and Plant Sciences, LLU, e-mail: Maija.Ausmane@llu.lv

Abstract. This is the third article on the mineralization of primary soil tillage in crop rotation studies in Latvia and is devoted to weediness of cereals (see also *Proceedings of LLU*, No. 13 (308), 2005). The article compares the responses of weeds to cereals in a long-term tillage trial established in 1982. The research results of the years of 1994–2002 are analyzed. Four systems of primary soil tillage in a six-field crop rotation are compared: 1 – plough tillage – conventional ploughing 0.22–0.24 m deep annually under cereals; 2 – ploughing 0.22–0.24 m deep after second year of clover + timothy use (prior to winter wheat), and 0.10–0.12 m deep in the following three years prior to spring cereals; 3 – ploughing 0.10–0.12 m deep prior to winter wheat, oats and spring barley, and 0.22–0.24 m deep prior to spring barley with undersown clover and timothy; and 4 – annual ploughing 0.10–0.12 m deep. The objective of the trial was to study the effect of primary tillage at different depth on the distribution of weeds. It was established that annual deep ploughing is not always necessary in fertile sandy clay loam soils without high infestation of perennial weeds in a six-field grain–grass crop rotation.

Key words: depth of ploughing, cereals, weeds, crop rotation.

Ievads

Rakstu sērijā analizēti rezultāti, kas iegūti, veicot pētījumus par augsnes apstrādes minimalizācijas iespējām Latvijas Zemgales zonas apstākļos (skat. arī: *LLU Raksti* Nr. 13 (308), 2005). Trešais šīs sērijas raksts veltīts sējumu nezāļainības pētījumu rezultātu apkopojumam. Augsnes apstrāde ietekmē sējumu fitosanitāro stāvokli, sevišķi nezāļainību (Kroģere u.c., 2005). Savukārt sējumu nezāļainība ir nozīmīgs faktors, kas ietekmē agrofitocenozes produktivitāti, kā arī vides aizsardzību. To galvenokārt nosaka sējumos sastopamās nezāļu sugas, to attīstības un izplatības apstākļi. Vides aizsardzību ietekmē ķīmiskās un mehāniskās nezāļu ierobežošanas intensitāte (Velykis, Satkus, 2006).

Nezāļu izplatību ietekmē vairāku faktoru kopums: meteoroloģiskie apstākļi, ķīmisko augu aizsardzības līdzekļu lietošana un citas augkopībā pielietotās tehnoloģijas. Augsnes apstrādei ir daudzveidīga ietekme uz sējumu nezāļainību. Sējumu nezāļainības variācijas un to ierobežošanas iespējas atkarīgas no izvēlētajās augsnes apstrādes sistēmas, kam par pamatu ir augsnes apstākļi un audzēto kultūraugu un izplatīto nezāļu sugu bioloģiskās īpatnības (Radosevich et al., 1997). Latvijas un citu valstu zinātnieki norāda, ka tradicionālā augsnes apstrāde ir ļoti energoietilpīga un dārga, tāpēc tiek pētītas dažādas augsnes apstrādes minimalizācijas iespējas, piemēram, aršanas aizstāšana ar lobšanu.

Latvija atrodas mērenā klimata joslā, kurā sekmīgi aug un attīstās daudzas nezāļu sugas, kas rada zināmu

risku plaši izmantot augsnes apstrādes minimalizāciju (Vilde, 1999).

Pasaulē veikti plaši pētījumi par augsnes apstrādes minimalizācijas ietekmi uz sējumu nezāļainību. Novērots, ka minimālās augsnes apstrādes rezultātā savairojas dažādas daudzgadīgo nezāļu sugas. Tā veicina agru nezāļu sēklu dīgšanu pavasarī (Aldrich, Kremer, 1997). Atsakoties no aramkārtas apvēršanas vai arot sekli, notiek nezāļu sēklu uzkrāšanās aramkārtas virsslānī, kas veicina nezāļu sadīgšanu (Pierce et al., 1994). No virsslānī izbirušajām un palikušajām nezālēm 80% ir sadīgušas jau nākamajā gadā (Tottman, Willson, 1996). Sēklu sadīgšana un sēklu krājumi augsnē atkarīgi no augsnes struktūras, kas ietekmē sēklu dīgšanai nepieciešamo faktoru nodrošinājumu. Dažādu sugu nezāļu sēklām prasības pēc šiem faktoriem var būt atšķirīgas. Ja aramkārtā netiek apvērsta, dziļākajos slāņos tomēr atrodamas dīgspējīgas nezāļu sēklas. Ir novērots, ka lielākais vairums nezāļu sēklu sadīgst no 0 līdz 0.05 m dziļumam. Katru gadu arot vienā dziļumā, pēc gada sēklas atkal tiek uznestas virskārtā, kur tās dīgst (Radosevich et al., 1997).

Pēdējā laika centieni minimalizēt augsnes apstrādi Lietuvā un Igaunijā parādīja, ka augsnes pamatapstrādes minimalizācijas rezultātā, t.i., ilgstoši aizstājot aršanu ar lobšanu 0.12–0.14 m dziļumā, palielinās nezāļu, īpaši daudzgadīgo, skaits sējumos (Maikšteniene, 2000; Velykis, Satkus, 2006; Lauringson et al., 1999; 2000; Stancevicius et al., 2000).

Krievijas Nemelnzemes Centrālajā rajonā iekārtotajos pētījumos konstatēts, ka aršanas aizstāšana ar lobīšanu 0.08–0.10 m dziļumā, izmantojot šķīvju darbarīkus, ir palielinājusi īsmūža nezāļu skaitu 1.5 un daudzgadīgo nezāļu skaitu 2.7 reizes, pat lietojot herbicīdus, lai gan jāatzīmē, ka tika lietots ne visai efektīgs herbicīds – 2.4-DA. Citos izmēģinājumos aršana 0.28–0.30 m dziļumā pārmaiņus augsekā ar lobīšanu, izmantojot šķīvju lobītājus, ir devusi labus rezultātus. Salīdzinot dažādus augsnes pamatapstrādes variantus, konstatēts, ka tās minimalizācija būtiski neietekmē īsmūža nezāļu skaitu (Пупонин, 1988).

Pētījumos, kas veikti Kanādā, konstatēts, ka minimālā augsnes apstrāde var izmainīt agrofitocenozes nezāļu sugu sastāvu. Tas var būt pielietoto herbicīdu vai augsnes apstrādes rezultātā izmainītās augu augšanas vides efekts. Liela ietekme ir arī meteoroloģiskajiem apstākļiem (Derksen et al., 1993). Pēc Anglijas pētnieku atziņām augsekā ar lielu ziemas kviešu īpatvaru, minimālās augsnes apstrādes variantos, krasi palielinājies ķeraļu madaras (*Galium aparine* L.), tīruma veronikas (*Veronica arvensis* L.) un ložņu vārpas (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) daudzums (Staddon, 1982).

Lai gan literatūrā ir samērā daudz informācijas par augsnes apstrādes minimalizācijas iespējām, tomēr tā iegūta krasi atšķirīgos augsnes un klimata apstākļos. Minimalizējot augsnes pamatapstrādi dažādās augsekās, palielinās nezāļu skaits, sevišķi daudzgadīgo. Kopumā zinātnieki uzskata, ka aršanu var aizstāt ar seklāku augsnes pamatapstrādi labi iekultivētās no daudzgadīgajām nezālēm brīvās augsnēs, nepazeminot kultūraugu ražību.

Darba mērķis: skaidrot smaga putekļu smilšmāla augsnes pamatapstrādes minimalizācijas iespējas Latvijas Zemgales zonas apstākļos.

Pētījumu apstākļi un metodes

Vieta un laiks. Stacionārs lauka izmēģinājums tika iekārtots 1982. gadā (toreiz LLU Zemkopības katedras izmēģinājumu laukā) R. Kroģeres vadībā. Pētījumu apstākļi un metodes aprakstītas šīs rakstu sērijas pirmajā daļā (skat.: *LLU Raksti*, Nr. 13 (308), 2005: 18.–25. lpp.). Izmēģinājumu laukā „Pēterlauki” ir lesivēta brūnaugsne, smags putekļu smilšmāls uz slokšņu māla. Agroķīmiskie rādītāji pirms izmēģinājuma ierīkošanas bija šādi: pH_{KCl} – 7.0–7.4, P_2O_5 un K_2O (pēc Engera–Rīma) – attiecīgi 130–150 un 120–145 mg kg⁻¹, organiskās vielas saturs – 16.0–18.0 g kg⁻¹ (pēc Tjurina). 2003. gadā P_2O_5 un K_2O saturs bija 97–100 un 104–111 mg kg⁻¹, organiskās vielas saturs – 19.1–19.8 g kg⁻¹, pH vērtība nav mainījusies. Lauks – līdzens, drenēts, daudzgadīgo nezāļu – maz.

Tā kā raksta autori M. Ausmane un I. Melngalvis šim pētniecības darbam pievienojās 1994. gadā, tad

rakstā aplūkoti pētījumu rezultāti laika posmā no 1994. līdz 2002. gadam. Deviņu gadu pētījumi par labību sējumu nezāļainību sešlauku augsekā aplūkoti divos periodos: 1994.–1996. gads un 1997.–2002. gads. Sākot ar 1997. gadu, izmēģinājumos tika ieviests vēl viens variants, t. i., augsekas rotācijas periodā veica aršanu, augsni katru gadu tikai lobīja 0.10–0.12 m dziļumā. Secinājumi pamatoti ar deviņu gadu (1994.–2002. g.) pētījumos iegūtajiem rezultātiem.

Izmēģinājumu shēma un metodika.

Izmēģinājumā laikā un telpā izvēsta specializēta labību augseka ar divgadīgu āboliņa + timotiņa izmantošanu (turpmāk – daudzgadīgie zālaugi):

- 1) daudzgadīgie zālaugi, 1. izmantošanas gads;
- 2) daudzgadīgie zālaugi, 2. izmantošanas gads;
- 3) ziemas kvieši;
- 4) auzas;
- 5) vasaras mieži;
- 6) vasaras mieži ar daudzgadīgo zālaugu pasēju.

Salīdzinātas 4 augsnes pamatapstrādes sistēmas augsekā (varianti).

1. Ikgadēja aršana 0.22–0.24 m dziļumā (kontrolē) (AAAA).
2. Aršana 0.22–0.24 m dziļumā vienu reizi rotācijā (6 gados) pēc daudzgadīgajiem zālaugiem, pārējos laukos tā aizstāta ar 0.10–0.12 m dziļu lobīšanu, lietojot lemešu lobītāju vai arklus (ALLL).
3. Tāpat kā 2. variantā, aršana 0.22–0.24 m dziļumā vienu reizi rotācijā, bet tā veikta pirms daudzgadīgo zālaugu sējas (mieži ar zālaugu pasēju) (LLLA).
4. Ikgadēja lobīšana 0.10–0.12 m dziļumā (sākot ar 1997. gadu) (LLLL).

Izmēģinājums ierīkots sešos atkārtojumos, varianti sakārtoti divās rindās. Augsekas lauku lielums – 0.5 ha, lauciņu izmēri – 18 x 6 m.

Izmēģinājumos lietotā agrotehnika un

agrometeoroloģiskie apstākļi aprakstīti rakstu sērijas pirmajā daļā (skat.: *LLU Raksti*, Nr. 13 (308), 2005: 18.–25. lpp.) (Kroģere u.c., 2005). Labību sējumos izmēģinājumu laika gaitā pa gadiem lietoti dažādi herbicīdi divdīgļlapju nezāļu ierobežošanai: dialens (dikamba, 34.2 g l⁻¹; 2,4-D, 342 g l⁻¹) – 2.0 l ha⁻¹, bazagrāns 480 (bentazons, 480 g l⁻¹) – 3.0 l ha⁻¹, lontrels (klopīrālīds, 300 g l⁻¹) – 0.2 l ha⁻¹, granstars (metil-tribenurons, 750 g kg⁻¹) – 0.01 kg ha⁻¹ + virsmas aktīvā viela citovets.

Sākot ar 1997. gadu, pēc daudzgadīgo zālaugu novākšanas un nezāļu ataugšanas lietoti raundaps (glifosāts, 360 g l⁻¹) – 3.0 l ha⁻¹ – vai citi glifosāta preparāti.

Kā redzams izmēģinājumu shēmā (1. tabula), visas labības augsekā neatrodas vienlīdzīgos apstākļos. Pirms ziemas kviešu sējas 1. un 2. variantā tika veikta 0.22–0.24 m dziļa aršana, un 3. variantā tie sēti 3 gadus neartā, tikai lobīta lauciņā. Taču, tā kā ziemas

1. tabula / Table 1

Izmēģinājumu shēma
The scheme of investigations

Augseka / Crop rotation	Augsnes pamatapstrādes varianti / Treatments of soil primary tillage			
	1. AAAA	2. ALLL	3. LLLA	4. LLLL
1. Vasaras mieži + daudzgadīgās zāles / Spring barley + grasses	A	L	A	L
2. Daudzgadīgās zāles, 1. g. / Grasses of 1st year	–	–	–	–
3. Daudzgadīgās zāles, 2. g. / Grasses of 2nd year	–	–	–	–
4. Ziemas kvieši / Winter wheat	A	A	L	L
5. Auzas / Oats	A	L	L	L
6. Vasaras mieži / Spring barley	A	L	L	L

A – aršana 0.22-0.24 m dziļi / ploughing at the depth of 0.22-0.24 m

L – lobīšana 0.10-0.12 m dziļi / ploughing at the depth of 0.10-0.12 m

kvieši augsekā izvietoti pēc āboliņa un timotiņa mistra un āboliņš ar sakņu sistēmu irdina augsni, un zālaugi stabilizē augsnes struktūru, tad salīdzinājumā ar citām labībām tie atrodas augsekas labākajā vietā. Turpretim vasaras mieži 2. variantā sēti 2 gadus un 3. variantā – 5 gadus pēc kārtas neartā, tikai lobītā augsnē. Līdzīgi tas sakāms par auzām. Vasaras mieži ar daudzgadīgo zālaugu pasēju 1. un 3. variantā sēti artā, taču 2. variantā – 3 gadus tikai lobītā augsnē.

Lai vērtētu augsnes pamatapstrādes dziļuma samazināšanas izraisītās sējumu nezālainības izmaiņas, izmēģinājumos veikta nezāļu uzskaitē, noteiktas to sugas, bioloģiskās grupas, skaits un gaissausā masa. Nezāļu skaits izmēģinājumos noteikts divas reizes veģetācijas periodā. Pirmo reizi – labību cerošanas stadijā, pirms herbicīdu smidzināšanas, pēc skaita metodes, nosakot nezāļu skaitu, gab. m⁻², otro reizi – pirms ražas novākšanas, izmantojot skaita un masas metodi un nosakot nezāļu skaitu, gab. m⁻², un nezāļu gaissauso masu, g m⁻².

Rezultāti un diskusija

Nezāļu sugu īpatsvara analīze rādīja, ka sējumos dominēja augsnes apstākļiem un labībām raksturīgās sugas. Atzīmējamas biežāk sastaptās īsmūža nezāles – sārtās panātres (*Lamium purpureum* L.), tīruma veronikas (*Veronica arvensis* L.), dārzeņu vāģagriķi (*Polygonum convolvulus* L.), ķeraiņu madaras (*Galium aparine* L.), baltās balandas (*Chenopodium*

album L.) u.c., mazākā skaitā – parastās virzas (*Stellaria media* (L.) Will.), ganu plikstiņi (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.), tīruma pavirzas (*Anagallis arvensis* L.), tīruma atraitnītes (*Viola arvensis* Murray), tīruma sinepes (*Sinapis arvensis* L.) u.c. Daudzgadīgās nezāles galvenokārt pārstāvēja ložņu vārpas (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), tīruma usnes (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), ārstniecības pienenes (*Taraxacum officinale* Web. agg.), tīruma mīkstpienes (*Sonchus arvensis* L.), tīruma kosas (*Equisetum arvense* L.) un tīruma tīteņi (*Convolvulus arvensis* L.).

Labību cerošanas laikā vidēji visās labībās no nezāļu kopskaita konstatēti 63% īsmūža un 37% daudzgadīgo nezāļu, savukārt pirms ražas novākšanas – attiecīgi 53 un 47%.

Īsmūža nezāļu skaits labību cerošanas laikā bija lielāks nekā pirms ražas novākšanas, jo nezāļu uzskaitē veikta pirms herbicīdu lietošanas. Taču daudzgadīgo nezāļu skaitam pirms ražas novākšanas bija tendence palielināties, salīdzinot ar cerošanas laikā veiktajiem pētījumiem. Tas izskaidrojams ar nezāļu sadīgšanu pēc herbicīdu lietošanas, kā arī daudzgadīgo nezāļu attīstības īpatnībām, piemēram, spēju veģetatīvi vairoties – jauni dzinumi tīruma usnēm un tīruma mīkstpienēm aug līdz pat rudenim un lietotie herbicīdi to nenovērš, līdz ar to viens augs, producējot vairākus dzinumus, veģetācijas perioda laikā savairojas.

2. tabula / Table 2

Nezāļu skaits sējumos labību cerošanas laikā
Number of weed plants at tillering of cereals

Kultūraugs, varianti / Crops, treatments	Nezāļu skaits, gab. m ⁻² / Number of weed plants per m ²			
	1994–1996		1997–2002	
	īsmūža / annual	daudzgad. / perennial	īsmūža / annual	daudzgad. / perennial
Ziemas kvieši / Winter wheat				
1. AAAA	10.1	19.9	16.5	28.4
2. ALLL	13.5	21.1	18.2	27.0
3. LLLA	10.6	19.1	13.5*	37.6
4. LLLL	–	–	16.8	47.5*
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	7.6	5.2	4.6	13.8
Auzas / Oats				
1. AAAA	102.2	7.0	56.3	12.7
2. ALLL	67.8	9.6	55.6	19.5
3. LLLA	94.5	13.6	58.2	12.6
4. LLLL	–	–	56.7	20.9
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	70.1	9.2	12.0	12.6
Vasaras mieži / Spring barley				
1. AAAA	63.5	9.4	53.5	18.7
2. ALLL	64.4	7.0	55.1	24.8
3. LLLA	58.8*	11.2	44.3	23.6
4. LLLL	–	–	49.5	28.2*
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	2.3	5.8	9.5	8.5
Vasaras mieži + daudzgad. zāles / Spring barley + grasses				
1. AAAA	32.9	9.8	42.1	46.0
2. ALLL	36.7	8.7	43.1	53.2
3. LLLA	35.9	11.6	39.2	59.3
4. LLLL	–	–	42.3	40.7
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	7.2	5.6	9.0	24.2
Vidēji labībās / Average in cereals				
1. AAAA	52.2	11.5	42.1	29.1
2. ALLL	45.6	11.6	43.0	30.6
3. LLLA	49.9	13.9	38.8	36.5
4. LLLL	–	–	41.3	34.3
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	16.1	3.1	5.9	19.3

* – būtiska starpība 95% ticamības līmenī / significant difference at 95% probability

A, L – skat. 1. tabulu / see Table 1

Nezāļu skaita izmaiņu analīze sējumos labību cerošanas laikā (2. tabula) rāda, ka, izvērtējot iegūtos datus ar dispersijas analīzi 95% ticamības līmenī, atsevišķās labību sugās īsmūža nezāļu skaits 1994.–1996. gada pētījumu periodā būtiski bija samazinājies vasaras miežu sējuma 3. variantā, kur aršana netika veikta piecus gadus pēc kārtas salīdzinājumā ar katru gadu arto 1. variantu un 2. variantu, kur aršana netika veikta 3 gadus. 1997.–2002. gada pētījumu

periodā līdzīgi novērojumi bija ziemas kviešu sējumā, kur 3. variantā bija būtiski mazāk īsmūža nezāļu salīdzinājumā ar 2. variantu, kur ziemas kvieši bija sēti artā augsnē. Tas skaidrojams ar to, ka, samazinot augsnes pamatapstrādes dziļumu vairākus gadus pēc kārtas, nezāļu sēklas koncentrējas augsnes virsējā slānī, tādējādi veicinot to sadīgšanu un līdz ar to sēklu krājumu augsnē izsīkšanu laika gaitā. Šie novērojumi ir saskaņā ar vairāku pētnieku atziņām

3. tabula / Table 3

Nezāļu skaits labību sējumos pirms ražas novākšanas
The number of weeds in cereals prior to harvest

Kultūraugs, varianti / Crops, treatments	Nezāļu skaits, gab. m ⁻² / Number of weed plants per m ²			
	1994–1996		1997–2002	
	īsmūža / annual	daudzgad. / perennial	īsmūža / annual	daudzgad. / perennial
Ziemas kvieši / Winter wheat				
1. AAAA	3.2	14.5	13.9	36.7
2. ALLL	6.8	15.6	11.2	32.7
3. LLLA	6.2	24.6	12.8	43.9
4. LLLL	–	–	14.8	62.7*
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	8.7	15.1	3.6	23.7
Auzas / Oats				
1. AAAA	51.7	15.4	51.6	29.0
2. ALLL	57.2	11.9	54.4	29.3
3. LLLA	52.4	21.6*	55.2	31.9
4. LLLL	–	–	50.3	32.1
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	17.7	6.4	12.0	9.4
Vasaras mieži / Spring barley				
1. AAAA	30.6	9.7	44.5	48.9
2. ALLL	26.7	10.9	37.4	48.8
3. LLLA	30.5	13.1	39.7	46.4
4. LLLL	–	–	46.7	53.7
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	10.3	4.5	6.4	20.9
Vasaras mieži + daudzgad. zāles / Spring barley + grasses				
1. AAAA	62.4	5.3	27.8	42.9
2. ALLL	45.5	7.1	28.2	43.5
3. LLLA	53.5	10.4	26.2	40.1
4. LLLL	–	–	28.4	46.5
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	38.6	5.8	5.3	13.5
Vidēji labībās / Average in cereals				
1. AAAA	37.0	11.2	36.4	40.5
2. ALLL	34.0	11.4	34.4	39.3
3. LLLA	35.7	17.4*	35.0	41.4
4. LLLL	–	–	35.1	48.8
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	9.73	5.0	9.2	11.4

*, A, L – skat. 1. tabulu / see Table 1

(Pierce, Fortin, Staton, 1994). Vērtējot visu deviņu gadu pētījumu periodu, šī atziņa arī parādās ziemas kviešu un vasaras miežu sējumā, kur 3. variantā īsmūža nezāļu bija būtiski mazāk nekā visos citos variantos (4. tabula). Pilnīgi atsakoties no aršanas augsekā (4. variants), daudzgadīgo nezāļu skaits, salīdzinājumā ar katru gadu arto 1. variantu, bija būtiski lielāks vasaras miežu un ziemas kviešu sējumā, bet ziemas kviešos – salīdzinot arī ar 2. variantu, kur tie sēti artā augsnē. Ja augsekas rotācijas periodā augsni apara

pirms daudzgadīgo zālaugu sējas (3. variants), vidēji visās labībās to cerošanas laikā daudzgadīgo nezāļu skaits bija būtiski lielāks nekā tad, ja aršana tika veikta katru gadu.

Vērtējot minimālās augsnes pamatapstrādes ietekmi uz sējumu nezāļainību pirms labību ražas novākšanas (3. tabula), nav konstatētas būtiskas īsmūža nezāļu skaita izmaiņas. Šādu īsmūža nezāļu skaita izlīdzināšanos pa augsnes pamatapstrādes variantiem var skaidrot ar herbicīdu lietošanu labību sējumos,

4. tabula / Table 4

Labību sējumu nezāļainība, vidēji 1994.–2002. gadā
The weediness of cereals, average in 1994-2002

Kultūraugs, varianti / Crops, treatments	Īsmūža nezāles, gab. m ⁻² Annual weeds per m ²		Daudzgadīgās nezāles, gab. m ⁻² Perennial weeds per m ²	
	cerošanas laikā / at tillering	pirms ražas novākšanas / prior to harvest	cerošanas laikā / at tillering	pirms ražas novākšanas / prior to harvest
Ziemas kvieši / Winter wheat				
1. AAAA	14.4	10.5	25.6	29.3
2. ALLL	16.6	9.7	25.0	27.0
3. LLLA	12.6*	10.6	31.3	37.4*
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	2.5	4.5	11.6	10.3
Auzas / Oats				
1. AAAA	71.8	51.5	10.8	24.4
2. ALLL	59.7	55.3	16.2	23.6
3. LLLA	69.9	54.0	12.9	28.5
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	28.0	4.5	14.8	9.7
Vasaras mieži / Spring barley				
1. AAAA	58.6	39.8	15.6	35.8
2. ALLL	59.4	34.0	18.9	36.2
3. LLLA	50.0*	36.6	19.5	35.3
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	8.2	9.8	11.8	16.2
Vasaras mieži + āboliņš / Spring barley + clover				
1. AAAA	39.1	39.2	33.9	30.3
2. ALLL	41.0	34.0	38.4	31.4
3. LLLA	37.2	35.3	43.4	30.1
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	9.1	11.9	31.8	6.5
Vidēji labībās / Average in cereals				
1. AAAA	45.4	36.7	23.2	30.7
2. ALLL	44.1	34.3	24.3	30.1
3. LLLA	42.2	35.4	29.0*	33.4
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	8.1	2.9	4.8	8.0

*, A, L – skat. 1. tabulu / see Table 1

kas mazina augsnes apstrādes ietekmi. Daudzgadīgās nezāles 1994.–1996. gada pētījumu periodā būtiski vairāk tika konstatētas auzu sējumā 3. variantā, kurā auzas sēja 4 gadus pēc kārtas rudenī neartā, tikai lobītā augsnē. Pilnīga atteikšanās no aršanas augsekas rotācijas periodā (4. variants) tika pētīta, sākot ar 1997. gadu. Pētījumi rāda, ka augsni katru gadu tikai lobot, tiek veicināta daudzgadīgo nezāļu savairošanās. Būtiska nezāļu skaita palielināšanās salīdzinājumā ar 1. un 2. variantu novērota ziemas kviešu sējumā, pārējās labībās bija vērojama šo nezāļu skaita palielināšanās tendence.

Deviņos gados iegūtie vidējie dati par daudzgadīgo nezāļu skaita izmaiņām liecina, ka būtiski vairāk nekā 2. variantā to bija ziemas kviešu sējuma 3. variantā,

kur tie sēti pēc āboliņa un timotiņa novākšanas tikai lobītā augsnē. Pārējās labībās deviņu gadu vidējie dati liecina, ka daudzgadīgo nezāļu skaits dažādos augsnes apstrādes variantos ir izlīdzinājies. Tas pats sakāms par šo nezāļu skaitu vidēji visās labībās deviņu gadu pētījumu periodā, kad netika konstatēta būtiska variantu ietekme (4. tabula). Jāpiezīmē, ka kontroles variantā pēc nezāļu nogriešanas 0.22–0.24 m dziļumā tās ataug lēnāk nekā lobītajos laucīņos, kur tās tika nogrieztas tikai 0.10–0.12 m dziļumā. Sakarā ar to pavasarī, t.i., labību cerošanas laikā, katru gadu artajos laucīņos (kontrolē) daļa daudzgadīgo nezāļu dzinumu vēl bija augsnē. Starpība starp variantiem šajā laikā bija izteiktāka nekā pirms ražas novākšanas, kad starpība starp variantiem bija

5. tabula / Table 5

**Augsnes pamatapstrādes minimalizācijas ietekme uz nezāļu gaissauso masu,
vidēji 1997.–2002. gadā**
**The influence of reduced soil primary tillage on air-dry mass of weeds,
average in 1997-2002**

Varianti / Variants	Nezāļu gaissausā masa, g m ⁻² / Air-dry mass of weeds, g m ⁻²				
	ziemas kvieši / winter wheat	auzas / oats	vasaras mieži / spring barley	vasaras mieži + āboliņš, timotiņš / spring barley + red clover, timothy	vidēji labībās / average in cereals
1. AAAA	3.0 / 16.6	11.5 / 12.8	9.2 / 17.4	11.8 / 16.0	8.9 / 15.7
2. ALLL	4.3 / 17.4	13.2 / 14.8	13.3 / 12.5	18.3 / 30.0	12.3 / 18.7
3. LLLA	4.9 / 18.1	16.5 / 20.9	10.5 / 12.7	13.2 / 20.3	11.3 / 18.0
4. LLLL	7.3* / 17.5	14.3 / 20.0	10.8 / 15.0	11.6 / 30.7	11.0 / 20.8
RS _{0.05} / LSD _{0.05}	2.7 / 4.5	5.1 / 13.1	6.1 / 9.6	10.0 / 18.3	

Piezīme / Note: Īsmūža nezāļu masa/daudzgadīgo nezāļu masa / air-dry mass of annual weeds/perennial weeds

*, A, L – skat. 1. tabulu / see Table 1

izlīdzinājusies. Taču, jo vēlāk dzinumi parādās virs augsnes, jo grūtāk tiem konkurēt ar kultūraugiem.

Tātad, pirms ražas novākšanas veikto sējumu nezāļainības pētījumu rezultāti rāda, ka, izvietojot ziemas kviešus pēc divu gadu daudzgadīgo zālaugu izmantošanas, labāk augsni apāt 0.22–0.24 m dziļumā pēc daudzgadīgo zālaugu novākšanas nekā pirms to sējas. Pārējās labību sugās un vidēji labībās neparādās kāda augsnes pamatapstrādes varianta priekšrocības attiecībā pret citiem variantiem nezāļu izplatības ierobežošanā.

Nezāļu gaissausās masas izmaiņas augsnes pamatapstrādes minimalizācijas ietekmē raksturo 5. tabulā ievietotie pētījumu dati. Iegūtie rezultāti liecina, ka atteikšanās no augsnes aršanas augsekas rotācijas periodā (4. variants) bija palielinājusi īsmūža nezāļu masu ziemas kviešu sējumā, bet pārējās labībās būtiska starpība starp augsnes pamatapstrādes variantiem netika konstatēta.

Analizējot labību ražu sakarības ar sējumu nezāļainību, konstatēts, ka laika periodā no 1994. līdz 2002. gadam starp labību sējumu nezāļainību un graudu ražu vērojama negatīva, būtiska korelācija. Atsevišķām labību sugām nezāļu ietekme uz ražu nedaudz atšķīrās: ziemas kviešiem ($r_{xy} = -0.554$) un auzām ($r_{xy} = -0.529$) tā bija vidēji cieša, vasaras miežiem ($r_{xy} = -0.426$) – vāja, un vasaras miežiem ar daudzgadīgo zālaugu pasēju ($r_{xy} = -0.837$) – cieša.

Secinājumi

1. Sešlauku labību–zālaugu augsekā smagas putekļu smilšmāla augsnes aršanai katru gadu 0.22–0.24 m dziļumā nav būtiskas priekšrocības nezāļu izplatības ierobežošanā salīdzinājumā

ar variantiem, kuros aršanu veic vienu reizi rotācijas periodā un pārējos gados augsni lobot 0.10–0.12 m dziļumā.

2. Daudzgadīgās nezāles augsnes apstrādes minimalizācijas rezultātā sadīgst agrāk, nekā aršanu veicot katru gadu. Labību cerošanas laikā vidēji labībās novērots būtiski lielāks daudzgadīgo nezāļu skaits, ja augsekas rotācijas periodā augsni apāt 0.22–0.24 m dziļumā pirms daudzgadīgo zāļu sējas un pārējos gados augsni tikai lobot 0.10–0.12 m dziļumā salīdzinājumā ar aršanu katru gadu. Līdz labību ražas novākšanai daudzgadīgo nezāļu skaits izlīdzinās un vidēji labībās būtiskas starpības starp variantiem nenovēro.
3. Minimalizējot augsnes pamatapstrādi labību–zālaugu augsekas rotācijas periodā, aršanu labāk veikt pēc daudzgadīgo zālaugu novākšanas nekā pirms to sējas, pārējos gados var samazināt augsnes apstrādes dziļumu, veicot tikai lobīšanu.
4. Samazinot augsnes pamatapstrādes dziļumu vairākus gadus pēc kārtas, var samazināties īsmūža nezāļu skaits. Labību cerošanas laikā novērojama būtiska īsmūža nezāļu skaita samazināšanās ziemas kviešu un vasaras miežu sējumā, ja aršanu veic pirms vasaras miežiem ar daudzgadīgo zālaugu pasēju.
5. Augsnes pamatapstrādes minimalizācija neietekmē nezāļu gaissauso masu vasaras labību sējumos. Augsekas rotācijas periodā veicot tikai lobīšanu 0.10–0.12 m dziļumā un atsakoties no aršanas, nezāļu gaissausā masa ziemas kviešu sējumā palielinās. Pārējās labībās būtiska starpība starp augsnes pamatapstrādes variantiem nav konstatēta.

Slēdziens

Labi iekultivētā smaga smilšmāla augsnē sešlauku augsekā ar divgadīgu āboliņa + timotiņa izmantošanu nav nepieciešama ikgadēja augsnes aršana. To var veikt vienu reizi rotācijas periodā, pārējos gados nomainot ar lobīšanu, ja lauki nav piesārņoti ar daudzgadīgajām nezālēm.

Literatūra

1. Aldrich, R. J., Kremer, R. J. (1997) *Principles in weed management*. Iowa: Iowa State University Press, 452 pp.
2. Derksen, A. D., Lafond, G. P., Thomas, A.S. (1993) Impact of agronomic practices on weed communities: tillage systems. *Weed science*, Vol. 41, 3, pp. 409-418.
3. Kroģere, R., Liepiņš, J., Ausmane, M., Melngalvis, I. (2005) Augsnes pamatapstrādes minimalizācija augsekā. I. Augsekas produktivitāte. *Latvijas Lauksaimniecības universitāte Raksti*, 13 (308), 18–25 lpp.
4. Lauringson, E., Kuill, T., Talgre, L. (1999) Effects of crop rotation and tillage on control of some perennial weed species. *Proceedings of the 11th EWRS (European Weed Research Society) Symposium 28 June – 1 July 1999 Basel, Switzerland, COST-816 „Biological control of weeds in Europe”*, pp. 110-111.
5. Lauringson, E., Kuill, T., Vipier, H., Talgre, R. (2000) The effect of crop rotation, autumnal soil cultivation and herbicides on the productivity and weediness of crops. *Proceedings of the Intern. Conf. „The Results of Long-term Field Experiments in Baltic States”*. Jelgava, pp. 71-80.
6. Maikšteniene, S. (2000) Possibilities of primary tillage reduction on clay loam soil. *Proceedings of the Intern. Conf. „The Results of Long-term Field Experiments in Baltic States”*. Jelgava, pp. 106-114.
7. Pierce, F. J., Fortin, M. C., Staton, M. J. (1994) Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming systems. *Soil Science Society of America*, Vol. 58, No. 6, pp. 1782-1787.
8. Radosevich, S., Holt, J., Ghera, C. (1997) *Weed Ecology/Implication for management*. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 589 pp.
9. Staddon, J. (1982) The effect of changes in cereal husbandry systems on broadleaves weed control strategy. *A farmer view – Aspects of applied biology*, March, pp. 18-22.
10. Stancevicius, A., Špokienė, N., Raudonius, S., Trečiokas, K., Kemesius J. (2000) Reduced primary soil tillage on the light loamy soils. *Proceedings of the Intern. Conf. „The Results of Long-term Field Experiments in Baltic States”*. Jelgava, pp. 133-146.
11. Tottman, D. R., Willson, B. J. (1996) Weed control in small grain cereals. *Weed Research*, Vol. 36, 301-327.
12. Velykis, A., Satkus, A. (2006) Influence of crop rotations and reduced tillage on weed population dynamics under Lithuania's heavy soil conditions. *Agronomy Research*, 4 (special issue), pp. 441-445.
13. Vilde, A. (1999) Energetic and economic estimations of soil tillage systems. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis*, 195 *Agricultura* (74), pp. 213-222.
14. Пупонин, А., Смирнов, Б., Захарченко, А. (1988) Действие многолетнего применения энергосберегающих систем обработки почвы и гербицидов на засоренность посевов и урожайность полевых культур. *Вестник сельскохозяйственной науки*, № 2, 103-109.

Pētījumi par NPK bilanci zemnieku saimniecībās
VI. Jelgavas raj. Vilces pagasta "Terēni"
Plant Nutrient Balance Studies in Farms of Latvia
VI. Farm "Terēni", Jelgava region

Ināra Līpenīte, Aldis Kārklīšs

LLU Augsnes un augu zinātņu institūts, e-pasts: Aldis.Karklins@llu.lv

Institute of Soil and Plant Sciences, LLU, e-mail: Aldis.Karklins@llu.lv

Abstract. The sixth article of plant nutrient balance studies in farms of Latvia is devoted to farm "Terēni" (see also *Proc. of LLU*, Nos 13, 16, and 17). The farm is located in the south part of Zemgale and is characterized by an intensive crop production. Using similar methodology, NPK Soil surface and Farm-gate balances were calculated for the period of 1999-2003. Mineral fertilizers were the main sources of nutrients. Plant nutrient input (all sources) was on average 139.2 kg of N, 28.8 kg of P_2O_5 , and 42.1 kg of K_2O per ha of agricultural land per year of the investigation period. NPK Soil surface balance was 81.8 kg of N, 3.8 kg of P_2O_5 , and 16.9 kg of K_2O . Farm-gate balance was higher for all elements: 97.2 kg N, 10.4 kg P_2O_5 , and 22.4 kg K_2O . Surplus of nutrients in barn was comparatively low (15.4 kg N, 6.6 kg P_2O_5 , and 5.5 kg K_2O) and corresponded to the difference between Farm-gate and Soil surface balances.

Key words: plant nutrient balance, NPK fluxes in agriculture, sustainable agriculture.

Ievads

Pēdējās desmitgades laikā Baltijas jūras reģiona valstīs pastiprināta uzmanība tiek pievērsta pētījumiem par lauksaimnieciskās darbības ietekmi uz vidi. Noskaidrots, ka apmēram pusei visa slāpekļa, kas no baseina valstu teritorijas nonāk Baltijas jūrā, ir antropogēna izcelsme, turklāt 58% no tā dod piesārņojuma avoti lauksaimniecībā. Neskatoties uz starptautisku vienošanos par pasākumiem piesārņojuma mazināšanai, slāpekļa un fosfora saturs ūdenstecēs, kuras plūst uz jūru, nesamazinās (HELCOM, 2004; Granstedt, 2005). Zinātnieki ir secinājuši, ka, lai panāktu piesārņojuma samazināšanu, ir būtiski jāpaaugstina slāpekļa un fosfora izmantošanas efektivitāte saimniecībās (Isermann, Isermann, 1998; Granstedt, 2000; Jarvis, 2001; Steinshamn et al., 2004; Seuri, 2005). Augu barības elementu bilanču aprēķinos ietvertā informācija, kas raksturo NPK plūsmu, ļauj konstatēt segmentus, kuros ir palielinātas šo elementu zudumu iespējas. Ienesas un iznesas sastāvdaļu izpēte ļauj veikt NPK plūsmas regulēšanu starp augkopības un lopkopības nozarēm, nodrošinot vairākkārtēju to iekšējo apriti saimniecībā, plānot mēslojuma vajadzību un sadali kultūraugiem, sabalansēt lopbarības racionu, veikt pasākumus kūtsmēslos esošo augu barības elementu zudumu mazināšanai to uzkrāšanas un uzglabāšanas laikā un izvēlēties kultūraugus, kas labāk izmanto augsnē esošās barības elementu rezerves (Kohn et al., 1997; Watson, Atkinson, 1999; Oenema, Velthof, 2002; Watson et al., 2005; Nielsen, Kristensen, 2005). Tāpēc LLU tika veikti pētījumi vairākās saimniecībās, lai noskaidrotu NPK aprites

galvenās likumsakarības un izstrādātu priekšlikumus vides risku mazināšanai. Šis ir pēdējais raksts no sērijas par rezultātiem, kas pētījumu periodā tika iegūti katrā no šīm saimniecībām (iepriekšējos skatīt *LLU Rakstu* 13. un 16.–17. sējumā).

Materiāli un metodes

Augu barības elementu aprites pētījumi un bilanču aprēķiniem nepieciešamās informācijas ieguve un datu uzskaitē Jelgavas rajona Vilces pagasta zemnieku saimniecībā "Terēni" tika veikta laika posmā no 1999. līdz 2003. gadam. Saimniecība atrodas Viduslatvijas zemienes Zemgales līdzenuma dienvidrietumu daļā ar viegli viļņotu reljefu. Reljefs un augsnes veidojušās uz glacigēniem nogulumiem (smilšmāls un mālsmilts). Atbilstoši Latvijas teritorijas reģionālajai rajonēšanai lauksaimniecības vajadzībām (Boruks, 2004) Vilces pagasts ir iedalīts 1.2. reģionā, kam raksturīgas auglīgas augsnes, kuras veido lielus vienlaidu tīrumus masīvus ar samērā labām tehnoloģiskām īpašībām. Lauksaimniecībā izmantojamās zemes (LIZ) kvalitātes novērtējums Vilces pagastā ir 58 balles, tomēr vairāk nekā 25% no aramzemes kopplatības ir vidēji un stipri akmeņainas. Reģionā dabas un ekonomiskie apstākļi ir labvēlīgi intensīvai lauksaimnieciskai ražošanai. Saimniecība atrodas īpaši jūtīgā teritorijā, kas saimniecībai uzliek noteiktas prasības ūdeņu aizsardzībai no piesārņojuma ar nitrātiem (MK Noteikumi..., 2001).

Saimniecības zemes kopplatība pētījumu periodā palielinājās no 320 ha līdz 523 ha. No kopējās platības lauksaimniecībā izmantojamā zeme aizņēma 97%, tai skaitā tīrumi – 96.7%, ganības – 0.1%,

augļu dārzs – 0.2%. Saimniecībai piederēja arī 10.5 ha meža. Dominējošās augsnes: podzolaugšnes, karbonātaugšnes un glejaugšnes. Augšnes granulometriskais sastāvs: smilšmāls un mālsmilts. Visa lauksaimniecībā izmantojamā zeme bija drenēta ar slēgto drenāžu. LIZ agroķīmiskie rādītāji: pH KCl – 6.3–7.4, organiskā viela – 14–25 g kg⁻¹, augiem viegli izmantojamais P₂O₅ – 43–252, K₂O – 76–244 mg kg⁻¹.

Saimniecības ražošanas pamatnozare bija augkopība. Tika audzēti ziemas un vasaras kvieši, mieži, cukurbietes un rapsis, bet nelielās platībās arī kartupeļi un pupas. Daļa saražotās produkcijas tika izmantota lopbarībai, jo saimniecība nodarbojās arī ar cūkkopību. Pētījumu gados saimniecībā vidēji bija 50–130 nobarojamās cūkas, 11–20 sivēnmātes, kā arī 2 slaucamas govīs, kas veidoja vidēji 14.4 DV (dzīvnieku vienības¹) gadā. Iegūtos seklās kūts pakaišu kūtsmēslus izmantoja kultūraugu mēslošanai. Augu barības elementu krājumi saimniecībā galvenokārt tika papildināti ar iepirktiem minerālmēsliem, lopbarību un barības piedevām, kā arī ar iepirkto sēklas materiālu.

Pētījumu gaitā tika iegūta, apkopota un analizēta informācija par zemes izmantošanas veidiem un to augšņu raksturojumu, par saimniecībā ik gadu iepirktajiem minerālmēsliem un uzkrātajiem organiskajiem mēslošanas līdzekļiem, to sastāvu un pielietošanu, iepirkto sēklu un lopbarību, mājdzīvnieku

skaitu un apriti, lopu turēšanas sistēmu, kūtsmēslu uzkrāšanu un uzglabāšanu, par kultūraugu mēslošanu un iegūto ražu, kā arī par realizētās augkopības (graudi, cukurbietes, rapša sēkla) un lopkopības (cūkgaļa, sivēni) produkcijas apjomu. Saimniecībā periodiski tika ievākti un analizēti kūtsmēslu paraugi, nosakot sausas un NPK saturu tajos. Saimniecībai pētījumu periodā (pa gadiem un pa visu pētniecības periodu) tika aprēķināti divi augu barības elementu bilanču veidi – NPK Lauka bilance un NPK Saimniecības bilance. Bilanču aprēķinu metodiku skatīt autoru iepriekšējā publikācijā (Kārklīšs, Līpenīte, 2005). Analizēta arī NPK aprīte lopkopības nozarē, veicot tā saukto „Kūts bilances” aprēķinu. Kūts bilancē NPK ienesu veidoja saimniecībā saražotie, iepirktie un dzīvnieku barībai izmantotie produkti, izlietotais pakaišu materiāls, kā arī iepirktie dzīvnieki. Savukārt iznesu veidoja saražotā (pārdotā) lopkopības produkcija, iegūtie kūtsmēsli un izskaitļotie NPK zudumi no lopkopības.

Rezultāti un diskusija

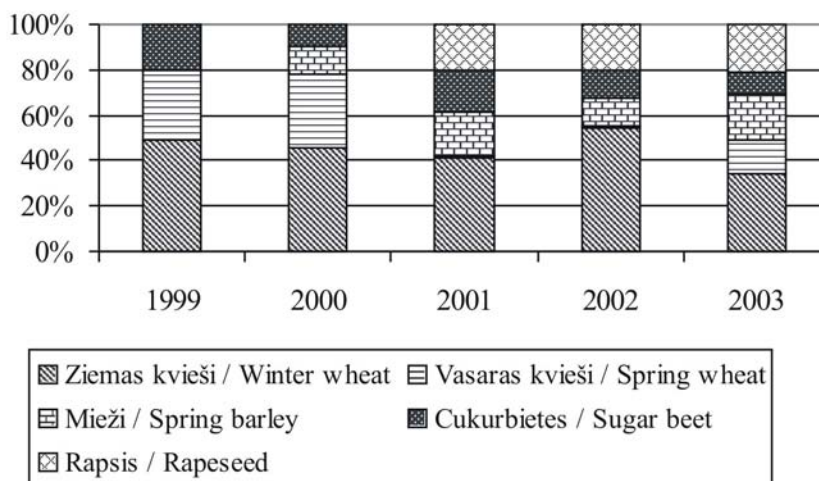
Galveno augu barības elementu ienesas sastāvdaļas Lauka bilancē saimniecībā "Terēni" raksturo 1. tabulas dati. Nozīmīgākais slāpekļa, fosfora un kālija ienesas avots bija minerālmēsli. Kultūraugu mēslošanai gadā vidēji tika izmantotas 52.9 t N, 10.2 t P₂O₅ un 15.1 t K₂O jeb, rēķinot uz 1 ha LIZ, attiecīgi 133.2 kg N, 25.8 kg P₂O₅ un 38.0 kg K₂O. Izmantotajos minerālmēslos izteikti dominēja slāpekļlis. Lai gan

1. tabula / Table 1

NPK ienesa augsnē, kg ha⁻¹ LIZ
NPK input into soil, kg ha⁻¹ of agricultural land

Rādītājs / Variable	1999. g.	2000. g.	2001. g.	2002. g.	2003. g.
SLĀPEKLIS / NITROGEN, N					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	106.4	83.3	125.5	169.4	165.9
Organiskie mēsli / Manure	3.89	2.65	2.65	2.65	4.18
Sēkla / Seed	2.13	2.36	1.35	2.30	2.96
Bioloģiski fiksētais N / Biologically fixed N	1.56	0	0	0	0.80
FOSFORS / PHOSPHORUS, P ₂ O ₅					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	18.6	20.1	10.0	30.1	43.1
Organiskie mēsli / Manure	2.62	1.75	1.75	1.75	2.53
Sēkla / Seed	0.90	1.01	0.60	1.00	1.29
KĀLIJS / POTASSIUM, K ₂ O					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	23.8	23.1	22.9	46.0	63.1
Organiskie mēsli / Manure	4.02	2.86	2.86	2.86	4.44
Sēkla / Seed	0.56	0.65	0.42	0.66	0.87

¹ Aprēķinātas, ņemot vērā ar kūtsmēsliem izdalīto slāpekli gadā.



1. att. Sējumu struktūra saimniecībā.

Fig. 1. Crops grown in the farm, % from the sown area.

pētījumu perioda laikā N:P:K attiecība tajos izmainījās no 1:0.17:0.22 (1999. g.) uz 1:0.26:0.38 (2003. g.), kālija īpatsvars tomēr bija pārāk zems efektīvai slāpekļa izmantošanai. Kūtsmēslos esošie slāpekļa, fosfora un kālija krājumi saimniecībā bija nelieli – vidēji gadā attiecīgi 1.29, 0.83 un 1.37 tonnas. Ienesa ar kūtsmēsliem vidēji bija tikai 3.2 kg ha⁻¹ N, 2.1 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 3.4 kg ha⁻¹ K₂O gadā. Gandrīz tikpat daudz slāpekļa un fosfora augsnē nonāca arī ar izmantoto sēklas materiālu. Bioloģiski saistītā slāpekļa īpatsvars slāpekļa ienesā bija zems, jo vienīgie tauriņzieži, ko divus gadus nelielā platībā audzēja saimniecībā, bija pupas. Pavisam uz 1 ha LIZ gadā ienesa veidoja 139.2 kg N, 28.8 kg P₂O₅ un 42.1 kg K₂O.

Sējumu struktūrā saimniecībā galveno vietu ieņēma ziemas kvieši (1. att.). To platība pētījumu periodā palielinājās no 80 līdz 160 ha, bet īpatsvars pa gadiem mainījās no 34 līdz 55%. 2000. un 2003. gadā 30–40% no sējplatības aizņēma vasarāju graudaugi – vasaras kvieši un mieži. Cukurbietes saimniecībā tika audzētas 20–45 ha platībā. Rapsi audzēja, sākot no 2001. gada, tā platība pa gadiem palielinājās no 39.5 līdz 100 ha. Nelielās platībās vēl tika audzēti arī kartupeļi un pupas. No iegūtās ražas pārsvarā izmantoja tikai pamatprodukciju. Lai nodrošinātu pakaišu vajadzību, no 15 ha graudaugu platības tika novākti salmi.

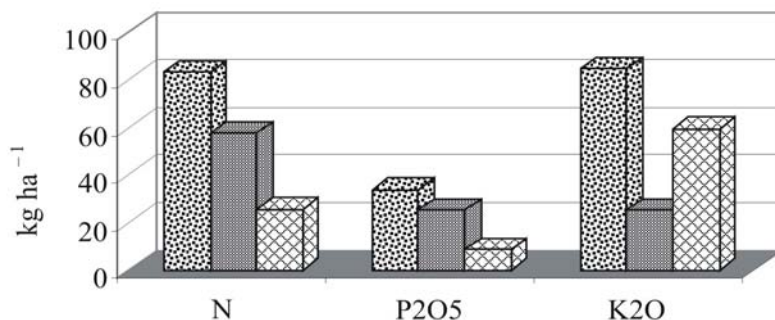
Augu barības elementu iznesu Lauka bilanci veidoja ar ražu no lauka novāktā produkcijas daļa. Iznesas lielums bija atkarīgs no audzēto kultūraugu ražības. Vislielāko ziemas un vasaras kviešu graudu ražu ieguva 2002. gadā – 5.2 t ha⁻¹, bet cukurbietu sakņu raža šajā gadā bija zemākā – tikai 3.5 t ha⁻¹. Cukurbietēm labvēlīgāks bija 1999. gads (47.2 t ha⁻¹). 2003. gadā ieguva 4.5 t ha⁻¹ miežu graudu, kas bija vairāk salīdzinājumā ar iepriekšējiem gadiem (3.3–3.5 t ha⁻¹), savukārt no rapša šajā gadā ieguva tikai 1.7 t sēklu (citos gados ap 3 t ha⁻¹).

Kopējā ražā akumulētā NPK masa, palielinoties sējplatībai, dubultojās un 2003. gadā sasniedza 51.9 t N, 21.4 t P₂O₅ un 52.0 t K₂O (pētījumu laikā vidēji 33.0 t N, 13.4 t P₂O₅ un 33.6 t K₂O). No NPK ienesas augsnē ražā akumulējās vidēji 60% slāpekļa, 122% fosfora un 204% kālija.

No lauka tika novākta tikai daļa ražā uzkrātā NPK daudzuma. Vidēji gadā ražā uzkrāto slāpekļa, fosfora un kālija masu, kā arī tās sadalījumu no lauka novāktajā un uz lauka palikušajā daļā raksturo 2. attēls. Šajos aprēķinos netika ņemta vērā kultūraugu sakņu sistēma.

Graudiem un rapša sēklai, kas veidoja lielāko daļu no iegūtās pamatprodukcijas, bija raksturīgs salīdzinoši zems kālija saturs. Līdz ar to ražas daļā, ko novāca no lauka, kālija masa bija par 70% mazāka nekā kopumā no augsnes un mēslošanas līdzekļiem ražas veidošanai izmantotais daudzums. Blakusprodukcijā akumulētais kālijs palika uz lauka, atgriežot augsnē vidēji 59.5 kg ha⁻¹ K₂O. No ražā uzkrātā slāpekļa un fosfora blakusprodukcijā koncentrējās tikai apmēram 30 %, ar kuriem augsnē tika atgriezti vidēji 25.7 kg ha⁻¹ N un 8.8 kg ha⁻¹ P₂O₅. Vidēji 1999.–2003. gadā iznesa ar novāktu ražu atbilstoši Lauka bilanci veidoja 57.4 kg ha⁻¹ N, 25.1 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 25.2 kg ha⁻¹ K₂O. N : P : K attiecība izaudzētajā ražā bija 1 : 0.41 : 1.02, bet ražas daļā, ko novāca no lauka, – 1 : 0.44 : 0.44.

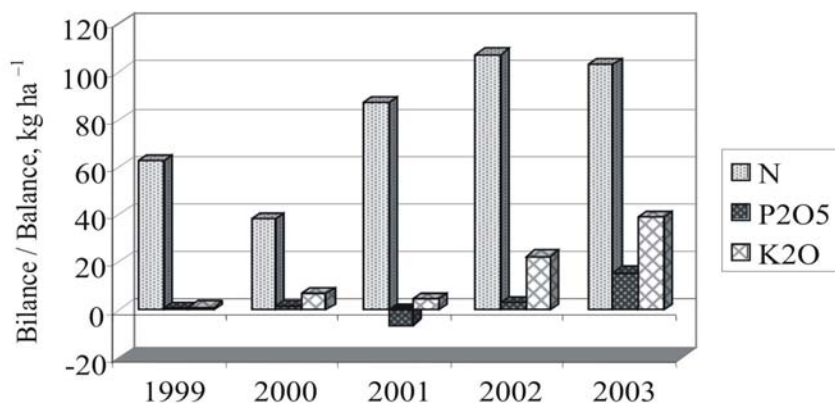
NPK Lauka bilances saimniecībā "Terēni" laika posmā no 1999. līdz 2003. gadam ir parādītas 3. attēlā. Pētījumos tika konstatēts ievērojams ražā nesaistītā slāpekļa uzkrājums, kas pa gadiem svārstījās diezgan plašā intervālā – 38.3–107.3 kg ha⁻¹ N. Visaugstākie bilances rādītāji novēroti 2002. un 2003. g., kad kultūraugu mēslošanai uz 1 ha LIZ tika izlietots vairāk nekā 160 kg N. Tas ievērojami pārsniedza ražas veidošanai nepieciešamo slāpekļa daudzumu. Fosfora un kālija bilance salīdzinājumā ar slāpekli



- Akumulēts izaudzētajā ražā / In crop yield
 ■ Ražas daļā, ko novāc no lauka / In harvested fraction of crop
 ■ Blakusprodukcijā, kas paliek uz lauka / In crop by-product left in the field

2. att. NPK akumulācija ražā un iznesas sadalījums (vidēji 1999.–2003. g.).

Fig. 2. NPK removal by crops' yield, in 1999-2003 on average.



3. att. NPK Lauka balance saimniecībā.

Fig. 3. NPK Soil surface balance.

bija ievērojami mazāka. To ienesa praktiski līdzinājās iznesai ar izaudzētās ražas daļu, kura tika novākta no lauka. Tikai 2003. gadā, palielinoties izmantoto mēslošanas līdzekļu daudzumam, fosfora balance sasniedza 15.7 kg ha⁻¹ P₂O₅, bet kālija balance – 38.9 kg ha⁻¹ K₂O. Vidēji pētījumu periodā Lauka balance slāpeklim bija 81.8, fosforam – 3.8, un kālijam – 16.9 kg ha⁻¹, bet šo augu barības elementu izmantošanas efektivitāte (iznesa/ienesa) – attiecīgi 41.2, 86.9 un 59.9%.

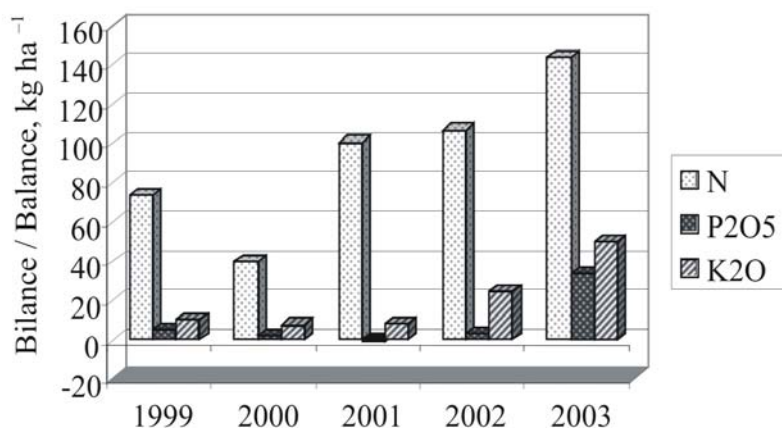
Augu barības elementu ienesu saimniecībā veidoja galvenokārt tikai iepirkto minerālmēsli (2. tabula). Tie veidoja vairāk nekā 98% no kopējās NPK ienesas, kas vidēji 5 gados bija 134.4 kg ha⁻¹ N, 26.1 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 38.0 kg ha⁻¹ K₂O. Šī tendence saglabājās visā pētījumu perioda laikā. Ar citiem iepirktajiem materiāliem ienesa, rēķinot uz 1 ha LIZ, bija niecīga: ar iepirkto lopbarību 0.46 kg N un 0.28 kg P₂O₅, ar iepirkto sēklu 0.20 kg N, 0.09 kg P₂O₅ un 0.06 kg K₂O. Arī bioloģiski saistītā slāpekļa daļa ienesā bija

ļoti maza – tikai 0.45 kg ha⁻¹. Savukārt NPK iznesu no saimniecības galvenokārt veidoja realizētajā augkopības produkcijā esošie augu barības elementu krājumi: no kopējās slāpekļa iznesas tie bija 93%, bet no fosfora un kālija iznesas – 98%. Vislielākā NPK iznesa no hektāra ar pārdotajiem kviešu un miežu graudiem, cukurbietēm un rapsi bija 2002. gadā – 61.1 kg N, 27.0 kg P₂O₅ un 21.4 kg K₂O, kas divkārt pārsniedza iznesu 1999. gadā, kad tika realizēti tikai kvieši un cukurbietes. Pētījumu laikā vidēji gadā no 1 ha LIZ ar realizēto ražas daļu iznesa 35.0 kg N, 15.5 kg P₂O₅ un 15.4 kg K₂O. No lopkopības nozares realizētā produkcija bija cūkgaļa un 1999. g. arī sivēni, taču produkcijas apjomi nebija lieli, tāpēc NPK iznesa ar to, pārrēķinot uz ha LIZ, bija tikai 1.3 kg N, 1.3 kg P₂O₅ un 0.3 kg K₂O. Izskaitļotie slāpekļa zudumi kūtsmēsli uzkrāšanas un uzglabāšanas laikā veidoja vidēji 2 kg ha⁻¹. Kopējā slāpekļa, fosfora un kālija iznesa no saimniecības vidēji gadā bija 37.5 kg ha⁻¹ N, 15.7 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 15.6 kg ha⁻¹ K₂O.

2. tabula / Table 1

NPK ienesas un iznesas struktūra Saimniecības bilanci, vidēji 1999.–2003. g., kg
NPK input and output variables in Farm gate balance, kg, in 1999-2003 on average

Rādītājs / Variable	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
IENESA / INPUT			
Ar minerālmēsliem / Mineral fertilizers	52 914	10 228	15 074
Ar sēklu un stādāmo materiālu / Purchased seed	81	36	25
Ar iepirkto lopbarību / Purchased feedstuffs	181	110	0
Ar iepirktiem dzīvniekiem / Purchased animals	8	3	1
N bioloģiskā fiksācija / Biologically fixed N	178	–	–
Kopā / Total	53 362	10 377	15 100
IZNESA / OUTPUT			
Ar realizēto augkopības produkciju / Sold crop products	13 880	6138	6129
Ar realizēto lopkopības produkciju / Sold animal products	196	79	20
Zudumi no lopkopības / Barn losses	682	35	53
Kopā / Total	14 758	6252	6202



4. att. NPK Saimniecības balance.

Fig. 4. NPK Farm-gate balance.

Visā pētījumu perioda laikā saimniecībā "Terēni" ienākusī augu barības elementu masa pārsniedza to iznesu no saimniecības (4. att.). Periodā no 1999. līdz 2002. gadam fosfora uzkrājums veidojās neliels, pie tam 2001. g. fosfora Saimniecības balance bija pat negatīva – -0.7 kg ha⁻¹ P₂O₅. Arī kālija Saimniecības balance sāka palielināties tikai perioda beigās, kad tā sasniedza 50.2 kg ha⁻¹ K₂O. Slāpekļa ienesa saimniecībā bija ievērojami lielāka par tā iznesu, un šai sakarībai bija tendence pieaugt, jo palielinājās slāpekļa minerālmēsliu izmantošanas apjoms. Slāpekļa Saimniecības balance 2003. gadā sasniedza 143.8 kg ha⁻¹ N. Līdz ar to šajā gadā saimniecībā konstatēta ļoti zema slāpekļa izmantošanās efektivitāte – tikai 14% no ienestā slāpekļa pārgāja realizētajā produkcijā salīdzinājumā ar 2000. gadu, kad slāpekļa

produktīvā izmantošanās sasniedza 52%. Vidēji 1999.–2003. gadā Saimniecības balance slāpeklim bija 97.2, fosforam – 10.4 un kālijam – 22.4 kg uz 1 ha LIZ.

Saimniecībā izaudzētā augkopības produkcija netika pilnībā realizēta, bet veidoja nozīmīgu lopbarības daļu. 3. tabulas dati raksturo augkopības produkcijā uzkrātās galveno augu barības elementu masas izlietojumu saimniecībā. Saimniecības iekšējā apritē nonāca ap 39% no slāpekļa, fosfora un kālija, kas atradās pašu izaudzētajā sēklā, pakaišiem paredzēto salmu masā un lopbarībai izmantotajā augkopības produkcijas daļā. Lopbarībā koncentrējās lielākā daļa no šīs NPK masas: 86.6% N, 87.5% P₂O₅ un 72.4% K₂O. Tā kā saimniecība bija specializējusies cūkkopībā un iegūto pienu izmantoja tikai vietējam

3. tabula / Table 3

NPK masa augkopības produkcijā un tās izlietojums, vidēji 1999.–2003. g., kg ha⁻¹
NPK in crops' yield and its distribution, in 1999-2003, on average per year, kg ha⁻¹

NPK krātuve / Plant nutrient pool	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Iegūtājā ražā, tai skaitā / In harvested yield, from which:	57.4	25.1	25.2
pārdotajā ražas daļā / in sold crop products	35.0	15.5	15.4
saimniecībā palikušajā daļā, tai skaitā / left in farm, from which:	22.4	9.6	9.8
pašu izaudzētā sēklā / in in-farm produced seed	2.1	0.9	0.6
salmos / in straw for litter	0.9	0.3	2.1
lopbarībā / in feedstuffs	19.4	8.4	7.1

4. tabula / Table 4

NPK Kūts balance, vidēji 1999.–2003. g., kg ha⁻¹
NPK Barn balance in 1999-2003, on average per year, kg ha⁻¹

Rādītājs / Variable	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
IENESA / INPUT			
Augkopības produkcijas daļa lopbarībai / In-farm crop products for feed	19.4	8.39	7.09
Salmi pakaišiem / Straw for litter	0.88	0.32	2.06
Iepirtā lopbarība / Purchased feed	0.46	0.28	0
Iepirktie dzīvnieki / Purchased animals	0.02	0.01	0
IZNESA / OUTPUT			
Pārdotā lopkopības produkcija / Sold animal products	0.49	0.20	0.05
Uzkrātie organiskie mēsli / Manure	3.24	2.08	3.44
Zudumi no lopkopības / Barn losses	1.72	0.09	0.13
BILANCE / BALANCE	15.3	6.63	5.53

patēriņam, tad lopbarības sortimentā bija mazs zāles lopbarības īpatsvars, kas atspoguļojās arī augu barības elementu attiecībā – pašu saražotajā lopbarībā bija zems kālija saturs.

Augu barības elementu plūsmu saimniecības lopkopības nozarē raksturo Kūts balance (4. tabula). Ienesu kūti veidoja iepirtā un saimniecībā saražotā lopbarība, pakaišiem izmantotie salmi un iepirktie dzīvnieki. Lielākā ienesas sastāvdaļa bija augu barības elementu masa pašražotajā lopbarībā. No kopējās slāpekļa, fosfora un kālija ienesas lopkopības nozarē pašražotā lopbarība attiecīgi veidoja 94, 93 un 77%. Citas ienesas sastāvdaļas bija ievērojami mazākas, lai gan kālija ienesu būtiski ietekmēja pakaišiem izmantotie graudaugu salmi. NPK ienesa pa gadiem bija cieši saistīta ar dzīvnieku blīvuma izmaiņām saimniecībā (korelācijas koeficients

$r = 0.82-0.96$). Dzīvnieku skaitam palielinoties, pieauga arī NPK iznesa no kūts ar organiskajiem mēsliem un slāpekļa zudumi no lopkopības, kas bija galvenās iznesas sastāvdaļas. Iznesa ar pārdotajiem lopkopības produktiem veidoja mazāk par 10% no kopējās iznesas. Kūts balance pētījumu laikā svārstījās no -0.3 līdz 41.4 kg ha⁻¹ slāpeklim, no 0 līdz 18.1 kg ha⁻¹ fosforam un no 0.7 līdz 11.4 kg ha⁻¹ kālijam. NPK nelietderīgais uzkrājums un iespējamie zudumi lopkopības nozarē vidēji piecos gados bija nelieli – tikai 15.3 kg N, 6.6 kg P₂O₅ un 5.5 kg K₂O.

Galveno augu barības elementu aprites izpēti rādīja, ka to izmantošana saimniecībā "Terēni" nebija pietiekami sabalansēta. Kultūraugu mēslošanai izmantotajos minerālmēslos izteikti dominēja slāpekļi, līdz ar to tā izmantošanās efektivitāte lauka līmenī bija zema un veidojās liels

ražā nesaistītā slāpekļa pārpalikums, kas zināmos apstākļos var kļūt par potenciālu augsnes, ūdeņu un atmosfēras piesārņojuma avotu. Tā kā minerālmēsli bija neracionāli izmantoti, ar iepirkto un realizēto produkciju nesabalansēta veidojās arī slāpekļa plūsma gan saimniecībā, gan no tās. Kā tas raksturīgi jaukta saimniekošanas tipa (augkopības–lopkopības) saimniecībām, daļa no izaudzētajā augkopības produkcijā akumulētā augu barības elementu daudzuma neatstāja saimniecību, bet nonāca iekšējā apritē lopkopības nozarē. Tādējādi slāpekļa ienesa saimniecībā ievērojami pārsniedza tā iznesu. Tomēr, tā kā saimniecība lopbarību neiepirka lielos daudzumos, tad slāpekļa izmantošanas efektivitāte (iznesas–ienesas attiecība Saimniecības bilanci) bija apmēram 28%, kas tiek uzskatīts par pieņemamu rādītāju šāda lauksaimnieciskās ražošanas veida uzņēmumam (Oenema, 1999; Seuri, 2005).

Secinājumi

Saimniecībā "Terēni" kultūraugu mēslošanai izmantotie minerālmēsli bija galvenā NPK ienesas sastāvdaļa. Slāpekļa mēslojuma norma vidēji gadā sasniedza 133.2 kg N, fosfora – tikai 25.8 kg P₂O₅ un kālija – 38.0 kg K₂O, bet iznesa ar novāktu ražu atbilstoši Lauka balancei bija 57.4 kg N, 25.1 kg P₂O₅ un 25.2 kg K₂O uz 1 ha LIZ. N : P : K attiecība izaudzētajā ražā bija 1 : 0.41 : 1.02, bet ražas daļā, ko novāca no lauka, – 1 : 0.44 : 0.44. Vidēji pētījumu perioda laikā Lauka balance slāpeklim bija 81.8, fosforam – 3.8 un kālijam – 16.9 kg ha⁻¹. Salīdzinot saimniecībā ienākošo un realizētajā lauksaimniecības produkcijā esošo NPK masu, konstatēts nelietderīgs slāpekļa, fosfora un kālija uzkrājums – attiecīgi 97.2 kg ha⁻¹ N, 10.4 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 22.4 kg ha⁻¹ K₂O. Saimniecības lopkopības nozarē neveidojās liels NPK pārpalikums: kūts balance, rēķinot uz 1 ha LIZ, bija tikai 15.4 kg N, 6.6 kg P₂O₅ un 5.5 kg K₂O.

Literatūra

1. Boruks, A. (2004) *Dabas apstākļi un to ietekme uz agrovidi Latvijā*. Rīga, 166 lpp.
2. Granstedt, A. (2005) Plant nutrient balance studies. Background and challenges. In: *Environmental impacts of eco-local food systems – final report from BERAS Work Package 2. Ekologisk Lantbruk N 46*, pp.17-21.
3. Granstedt, A. (2000) Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment experience from Sweden and Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, V. 80, Issue 1-2, pp. 169-185.
4. HELCOM (2004) *The Fourth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-4)*. Baltic

Sea Environment Proceedings, No. 93, Helsinki Commission, Baltic Marine Environment Protection Commission.

5. Isermann, K., Isermann, R. (1998) Food production and consumption in Germany: N flows and N emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, V. 52 (2-3), pp. 289-301.
6. Jarvis, S.C. (2001) Improving nitrogen use efficiency from balance sheets: opportunities to reduce losses? In: *Element balances as a sustainability tool. Proceedings of the Workshop in Upsala, March 16-17, 2001*. JTI Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, p. 25.
7. Kohn, R.A., Dou, Z., Ferguson, J.D., Boston, R.C. (1997) A sensitivity analysis of nitrogen losses from dairy farms. *Journal of Environmental Management*, V. 50, Issue 4, pp. 417-428.
8. Kārklīšs, A., Līpenīte, I. (2005) Pētījumi par NPK bilanci zemnieku saimniecībās. I. Jelgavas raj. Sesavas pagasta „Rudeņi”. *LLU Raksti*, Nr. 13 (308), 1.–9. lpp.
9. Nielsen, A.H., Kristensen, I.S. (2005) Nitrogen and phosphorus surpluses on Danish dairy and pig farms in relation to farm characteristics. *Livestock Production Science*, V. 96, Issue 1, pp. 97-107.
10. MK Noteikumi Nr. 531. (2001) *Noteikumi par ūdens un augsnes aizsardzību no lauksaimnieciskās darbības izraisītā piesārņojuma ar nitrātiem*. (Grozījumi: MK 16.03.2004 not. Nr.134 un MK 27.12.2005 not. Nr. 1015.)
11. Oenema, O. (1999) Nitrogen cycling and losses in agricultural systems; identification of sustainability indicators. In: *Nitrogen cycle and balance in Polish agriculture. Conference Proceedings, December 1- 2, 1998, Falenty, IMUZ*, pp. 25-43.
12. Oenema, O., Velthof, G.L. (2002) Balanced fertilization and regulating nutrient losses from agriculture. In: *Agricultural Effects on Ground and Surface Waters: Research at the Edge of Science and Society*. Ed. by J. Steenvoorden, F. Claessen, J. Willems. IAHS Publ. No. 273, pp. 77-84.
13. Seuri, P. (2005) Evaluation of nitrogen utilization by means of the concept of primary nutrient efficiency. In: *Environmental impacts of eco-local food systems – final report from BERAS Work Package 2. Ekologisk Lantbruk N 46*, pp. 36-42.
14. Steinshamn, H., Thuen, E., Bleken, M.A., Brenge, U.T., Ekerholt, G., and Yri, C. (2004) Utilization of nitrogen (N) and phosphorus (P) in an organic

- dairy farming system in Norway. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, V. 104, Issue 3, pp. 509-522.
15. Watson, C.A., Atkinson, D. (1999) Using nitrogen budgets to indicate nitrogen use efficiency and losses from whole farm systems: a comparison of three methodological approaches. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, V. 53, pp. 259-267.
16. Watson, C.A., Oborn, I., Eriksen, J., Edwards, A.C. (2005) Perspectives on nutrient management in mixed farming systems. *Soil Use and Management*, V. 21, Supplement 1, pp. 132-140.

Pateicība

Pētījums veikts ar LZP granta tēmas Nr. 01. 0765 un Eiropas Komisijas finansētā projekta PL 950231 INCO-COPERNICUS atbalstu. Pateicība saimniecības īpašniekiem par atsaucību pētījumam veiktā.

Maintenance and Financing of Land Drainage in Lithuania

Zemes nosusināšanas sistēmu apsaimniekošana un finansēšana Lietuvā

Nijolė Bastienė

Water Management Institute of the Lithuanian University of Agriculture, e-mail: vegelyte@delfi.lt

Ūdenssaimniecības institūts, Lietuvas Lauksaimniecības universitātē, e-pasts: vegelyte@delfi.lt

Valentinas Šaulys

Department of Hydraulics, Vilnius Gediminas Technical University

Hidraulikas katedra, Viļņas Gedimina Tehniskā universitātē

Abstract. The paper analyses the current situation in land reclamation sector in Lithuania and discusses agricultural drainage management under the conditions of market economy. Land reclamation practice plays a significant role in agriculture of Lithuania. Until 2004, about 2.98 million hectares (85.5%) of agricultural land were drained. Though ownership rights to land were restored after regaining independence in 1990, privatization of land reclamation structures was not started along with the land reform. Drainage systems were included into the state property. Their maintenance is government-funded and makes only 4.4 € ha⁻¹ per year on average, which is largely insufficient as drainage systems continuously deteriorate. The state bailout measures for maintenance of land drainage should be optimized and geared to the economic expediency. Four scenarios of the reallocation of subsidies for land drainage are submitted for approval. Having applied the methodology suggested, priority should be given to the regions where revenue from agriculture is highest. Therefore in the region of middle Lithuania where water regime control is profitable, current subsidies for land drainage would increase by index 1.24±0.10. Whereas in the territory where land productivity is low and the percentage of abandoned land is more than the mean value of the country, the financing would be reduced by index 0.71±0.17.

Key words: land drainage, maintenance, state subsidies, financing scenarios.

Introduction

The territory of Lithuania is subdivided into 44 districts (municipalities) attributed to ten counties with a total area of 65.3 thousand km², about 60.6% of which are used for agriculture purposes. Specific climate conditions, relief and soil properties have resulted in certain hydrological problems (Motuzas et al., 1996). Excess water in the soil is evident in the spring snow-melt period and lack of water regime control extremely aggravates agricultural activity and mechanization. Therefore the bulk (about 3 million ha) of agricultural land has been drained (Maziliauskas et al., 2005). The percentage of drained land varies from 35.4% in hilly areas to 98.8% in plain districts with more fertile soils (Fig. 1).

Until 1990, when Lithuania restored its independence, the land and land drainage structures were exclusively the state property and were used for agricultural development, which was oriented towards the Soviet Union (Russia) market (Šaulys and Lukianas, 2003). The situation changed when the land reform had started and ownership rights to land had been retrieved. As reorganization of land reclamation management was not carried out along the land reform, the agricultural land obtained two owners: (1) the owner of the plot, and (2) the state as the authority for the operation and maintenance of implemented drainage systems. As the landowners are

economically weak, they are not interested in taking responsibility for the operation and maintenance of drainage systems in their ownership and the state cannot always carry out the necessary maintenance because of the lack of funds (Offringa et al., 1999). Insufficient maintenance of drainage leads to systems deterioration.

Similar problems emerged not only in Lithuania, but also in neighbor states that have economical straits influenced by the process of transition. Dzalbe and Busmanis (2004) have mentioned that socio-economic transformations and privatization had affected the situation in soil management in Latvia.

The possibilities of reducing governmental bailout for land reclamation have been under consideration for a long time because the merger of private and state capital is complicated and, moreover, there is a lack of such experience in Lithuania. Several authors have analyzed the situation in land reclamation sector and have discussed the advantages and disadvantages of the privatization of land drainage structures, as well as the experience of land reclamation associations in the Netherlands, Norway, and Germany (Kuiper, 1998; Vaikasas et al., 1998; Šaulys and Lukianas, 2003; Maziliauskas, 2004). Monsees (2004) has proposed that the administrative structure model of Water and Soil Associations could be applied to the countries searching for modern institutional organizing forms

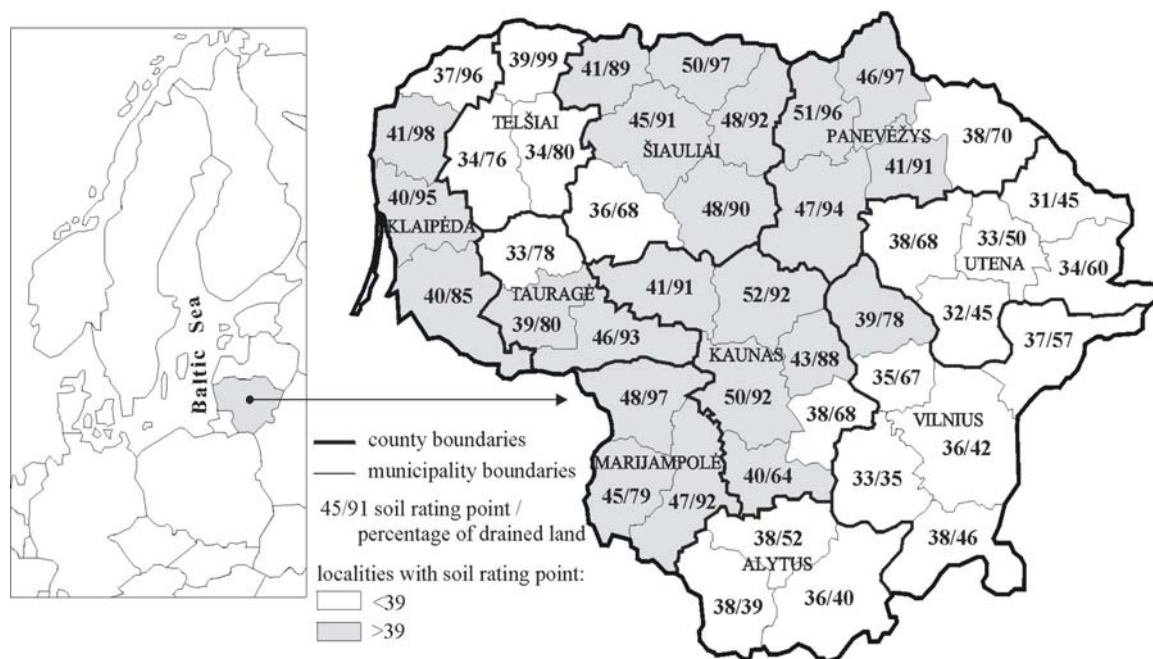


Fig. 1. Administrative subdivision of Lithuania into counties and municipalities.

for a more sustainable water and land management. A very long experience of a successful organization of collective activity and management of land and water resources according to local standards has been gained in Germany. The possible usefulness of implementing this experience in Lithuania is still under consideration.

After a long discussion, only in 2004, a new Land Reclamation Law dealing with the changes in the property rights of land reclamation structures was approved (Lietuvos Respublikos ..., 2004). According to this law, the greatest part of subsurface drainage came into possession of the landowner: drainage laterals and collectors with the diameter less than 12.5 cm were transferred to the landowners while the rest of drainage network remained the state property. The following changes were dictated by the structural funds of the EU that can be used only for the renovation of private land reclamation structures (the share of the EU funds amounts to 50%). In the financial support regulations it is stated that the whole financing from the state budget will be provided only for the repair works of drainage collectors with the diameter more than 12.5 cm. In all other cases the share of personal funds should be no less than 15%.

Under the conditions of market economy, the investments in land improvement should be profitable. Therefore, further financing of land reclamation maintenance from the state budget should be optimized and focused on the economic expediency and development of regions most suitable for agriculture. No investments should be allocated where the operation of drainage systems is unprofitable.

The aim of the study was to motivate the necessity to improve the maintenance of land reclamation structures and to prepare new scenarios for the allocation of state subsidies considering the economical efficiency of the financing of land reclamation activities. To achieve this aim, the following tasks were set up:

- to analyze the current situation in the land reclamation sector and the technical state of drainage systems;
- to carry out the analysis of land reclamation financing from the state budget;
- to ascertain the factors having a direct effect on the economic efficiency of the drainage systems exploitation;
- to prepare the redistribution model of the financing of land reclamation activities basing on regional priorities.

Materials and Methods

The study is based on the analysis of the present technical and financial situation in the land reclamation sector in Lithuania. The data from the Statistics Department of Lithuania, State Land Management Institute, Lithuanian Institute of Agrarian Economics as well as from Agricultural Ministry of Lithuania have been used and processed by the method of statistical analysis.

The economical benefit of the reparation of deteriorated drainage has been estimated in line with trade prices of crop production and drainage reparation costs for the period of three years (1999-2001) in order to avoid possible meteorological effects and uneven price fluctuation. The data about

drainage reparation costs were obtained from the Land Reclamation Services in municipalities. The average value of efficiency has been expressed as the ratio of the profit gained from crop cultivation after the reparation of damaged drainage systems to the costs of reparation.

The “MS Excel 2000” program was used to prepare the algorithm for allocation of state subsidies for land reclamation purposes.

Results and Discussion

Analysis of the situation in Lithuanian land reclamation sector

A total of 3.04 million hectares or 88.4% of waterlogged soils have been drained during the forty years of Soviet period (1950-1990). Subsurface tile drainage was carried out in the area of 2.62 million ha (Maziliauskas et al., 2005). Construction of new drainage systems was stopped after 1990. In the period of 1990-2004, only 38.1 thousand hectares of waterlogged soils were drained (Valstybinis ..., 2004) (Table 1). The greatest part (63%) of subsurface drainage systems in Lithuania exceed the useful service life of 30 years generally accepted in Western Europe (Rimidis and Dierickx, 2003). Notwithstanding the average lifetime of tile drainage has been forecasted to be 50 years, reliability of drainage systems decreases permanently.

Approximately 20-25 thousand hectares of drained land yearly become unsuitable for agriculture activities due to imperfect drainage (Sivickis, 2002). In the informative publications of the Lithuanian

Ministry of Agriculture it has been reported that at the beginning of 2004 about 275.6 thousand hectares of agricultural land (10.7%) had an imperfect drainage status (Valstybinis ..., 2004). Investigations carried out during 1996-2001 have shown that subsurface drainage in the region of Middle Lithuania generally is becoming insufficient after 28 ± 1.2 years of operation (Bastienė, 2002). Whereas in the territory with more complicated natural conditions (diverse and contrasting soil surface structure, specific features of the relief and soil hydrology), drainage deteriorations emerged even earlier, i.e., after 23-25 years of operation. However, it should be noted that drainage deteriorations mostly occur due to inadequate maintenance necessitated by economic reasons.

Land drainage can be maintained properly only when the funding is sufficient. Only 60% of drainage deteriorations were repaired for 23.2 million € of the state funds allocated for the maintenance of implemented subsurface drainage systems in 1999. Therefore the financial support for land drainage was reduced to 11.6 million €, and only 42% of drainage failures were eliminated in 2000. During the period of 2000-2001, a total of 3.9 € ha⁻¹ were contributed to the needs of land reclamation. So far the limited funds for land reclamation have been allocated regardless of the profitability of agricultural activities in different regions of Lithuania.

Figure 2 gives a comparison between the income from gross agricultural production and the state funding for drainage maintenance in 2004. Significant differences have been observed when comparing

Table 1

Land reclamation activity and financing in Lithuania in the period of 1995-2004

Year	Drained area, ha			Funds allocated	
	total	subsurface drainage	reconstruction	total, million €	€ ha ⁻¹
1995	2298	2030	4214	43.8	14.4
1996	1354	1286	4311	39.1	12.8
1997	633	633	4037	37.1	12.2
1998	500	500	3758	37.1	12.3
1999	148	148	2822	23.2	7.7
2000	86	96	839	11.6	3.9
2001	5	5	1320	11.6	3.9
2002	0	0	1830	13.0	4.4
2003	10	10	2312	13.0	4.4
2004	0	0	2200	13.0	4.4

Note: as Lithuania reintroduced its national currency only in 1993, the data of the period 1991-1994 are omitted. The litas (Lt) is the legal tender in Lithuania and is pegged to the euro (€) at 3.4528:1

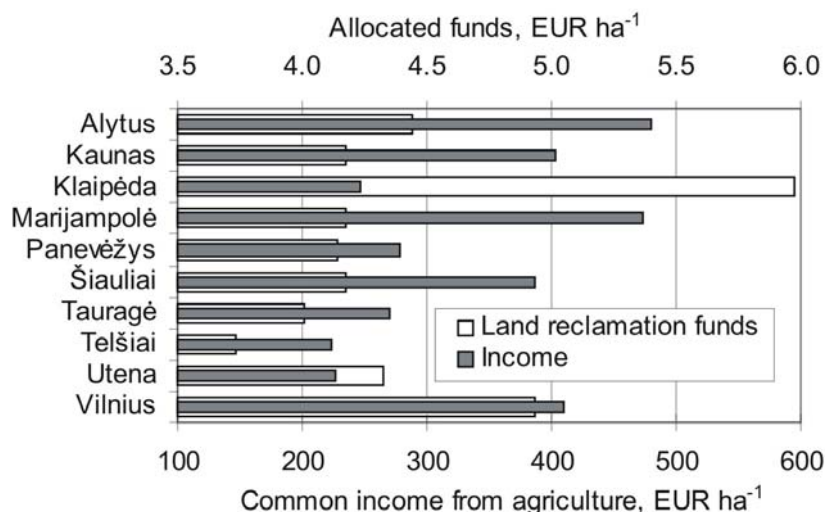


Fig. 2. The income earned from gross agricultural production in the counties of Lithuania and the state allocations for land improvement in 2004 (Data from the Statistics Department of Lithuania and State Land Survey Institute: Lietuvos žemės ..., 2005; Valstybinis ..., 2004).

the profit gained from agriculture and the funding for land drainage in separate counties. The state subsidies for land drainage make 6.0 € ha⁻¹ in Klaipėda county with the least total revenue from agriculture (247 € ha⁻¹), whereas only 4.4 € ha⁻¹ are allocated to Alytus county where the income (479 € ha⁻¹) is twice higher than that in Klaipėda county. The same situation is in Marijampolė county (4.2 € ha⁻¹ and 473 € ha⁻¹ respectively).

The process of transition has influenced the farming in Lithuania. It is obvious that a relatively low income is gained from agriculture: yield of corn was on average only 3.25 t ha⁻¹ in 2004. Calculations made by the Lithuanian Institute of Agrarian Economics suggest that corn yield of at least 4 t ha⁻¹ is needed to make farming profitable (Lietuvos žemės..., 2005). Such yield has been obtained only in some municipalities located in the region of Middle Lithuania. So, for the present, the efficiency of drainage rehabilitation is very low in Lithuania. For the period of 1999-2001, it varied from 0.23 to 0.37 in the region of Middle Lithuania and from only 0.15 to 0.24 or 36% less in the rest part of the territory (Bastienė, 2002). These rates have been calculated considering the profit gained after the rehabilitation of drainage systems.

Under the guidance of market economy, the efficiency of rehabilitation of deteriorated drainage systems should be determined before allocating the funds (Morkūnas and Šaulys, 2002). In order to obtain maximum profitability, land reclamation activity should be oriented towards regional priorities.

Modeling of the financing of state-owned land reclamation structures

In 1997-1999, a group of advisers from the European Union (the Netherlands and Germany)

implemented an EU-PHARE Program and an executive Lithuanian Land Reclamation Project. The optimal costs for operation and maintenance of drainage systems were estimated at 15 € ha⁻¹ for ditch maintenance and 13.6 € ha⁻¹ for subsurface drainage on average (Offringa et al., 1999). According to these calculations, 85.3 million € are required annually for the maintenance of drainage structures in 2.98 million ha of drained land. However, allocation from the state funds has amounted to 13 million € during the past four years (2002-2005), i.e., 4.4 € ha⁻¹ or 15.2% of the sum required according to the EU-PHARE Project.

The EU Directive on the establishment of a framework for Community action in the field of water policy (2000/60/EC) requires that a new model of agricultural drainage management and financing be developed. Statistical estimation shows that until the year 2005, state subsidies for land reclamation mainly have been allocated considering the residual value and depreciation of drainage structures in the territories of municipalities ($r = 0.92-0.98$) (Lietuvos Respublikos ..., 2003). Taking into consideration the high value of state investments required for ensuring steady operation of land drainage, it is important to reject the funds allocated on equality principles and give preference to the regions where the maintenance, repair and renovation of these structures are more efficient.

Due to the non-homogeneous texture and fertility of topsoil layer, the regional income from agricultural subjects as well as draining efficiency is different (Fig. 3). It is estimated that income from crop production in rich soils exceeds that in poor soils 3.5 times. Gross crop production has reached 510 € ha⁻¹ in localities where soil rating exceeds 40 points and has decreased to 283 € ha⁻¹ where soil rating is lower than

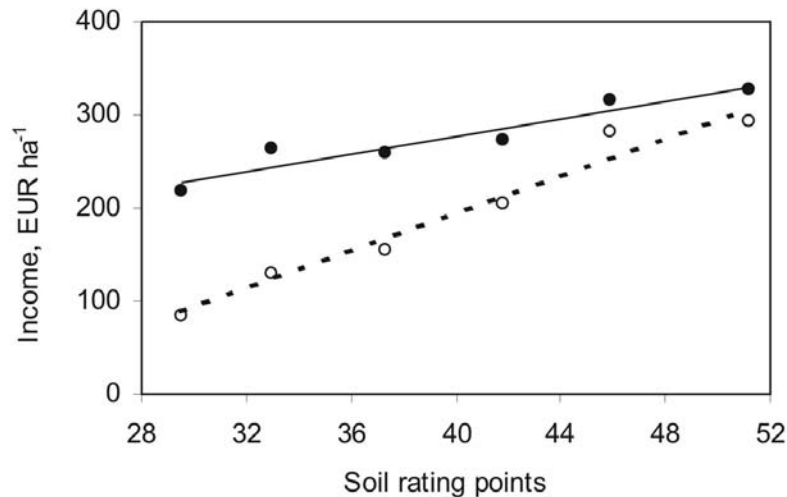


Fig. 3. Dependence of a farmer's income from gross agricultural production (solid line) and crop production (dashed line) on land productivity (Data from the Lithuanian Institute of Agrarian Economics: Lietuvos žemės ..., 2005).

35 points (marketable plant growing is payable only in regions where soil rating exceeds the mean value of 39 points) (Lietuvos žemės ..., 2005).

Land reclamation practices aim at increasing the soil productivity, however, drainage does not increase the land quality equally. Drained soils with hypergleyic loamy or clayey texture (*Hyperglei-Calcaric Gleysols*) have got the highest evaluation – 24 points. The *Calcaric-Hypogleyic Luvisols* and *Calcaric-Gleyic Cambisols* with sandy loam texture have been evaluated at 10–15 points after draining. Sandy soils with gleyization features after draining have improved only by 3 points (Juodis et al., 2001). The greatest increase in soil productivity has been observed in middle Lithuania, where agricultural development is most intensive. A properly functioning drainage therefore is particularly important for this region. Whereas land productivity in Lithuania much depends on the water regime control (drainage), the financing for land drainage should be adjusted in respect of how much those means have increased the land productivity.

Maintenance of drainage systems becomes problematic and even useless if the land has no owner or lies fallow. Analyzing the rural development tendencies of the last years, it has been observed that the area of abandoned land is constantly increasing (Brusokaitė-Stravinskienė, 2002) and in different municipalities varies from 0.2 to 17.9% (Lietuvos statistikos ..., 2003). Considering the fact that it is not economically feasible to allocate funds for land drainage in abandoned land, this parameter should be regarded as one of the evaluation criteria when allocating the budget subsidies.

On the basis of these considerations, four possible scenarios of reallocation of state subsidies for land drainage are distinguished:

scenario I – subsidies allocated considering the residual value and depreciation of state-owned land drainage structures in the territories of municipalities (base subsidies – $F_{(I)_i}$);

scenario II – base subsidies adjusted according to the increased land productivity due to water regime control ($F_{(II)_i}$);

scenario III – base subsidies adjusted according to the area of abandoned land in municipalities ($F_{(III)_i}$);

scenario IV – base subsidies adjusted according to both criteria (increased land productivity and the area of abandoned land in municipalities – $F_{(IV)_i}$).

According to scenario I, base subsidies for different municipalities are calculated and allocated by the following equation:

$$F_{(I)_i} = k_{V_i} \cdot S_{rec}, \quad (1)$$

where $F_{(I)_i}$ – base subsidies for land reclamation for the i^{th} municipality;

S_{rec} – share of special subsidies for the maintenance, repair and reconstruction of land drainage;

k_{V_i} – coefficient assessing the residual value and depreciation of land drainage structures in the i^{th} municipality. This coefficient is calculated by the following equation:

$$k_{V_i} = \frac{V_{r_i} \frac{D_i}{100 - D_i}}{\sum_{i=1}^n V_{r_i} \frac{D_i}{100 - D_i}}, \quad (2)$$

where V_{ri} – residual value of state-owned drainage structures located in the i^{th} municipality;

D_i – depreciation of drainage structures in the i^{th} municipality in percent.

According to scenario II, adjusted subsidies for the municipalities are calculated by the following equation:

$$F_{(II)_i} = \frac{k_{B_i} F_{(I)_i}}{\sum_{i=1}^n k_{B_i} F_{(I)_i}} \cdot S_{rec}, \quad (3)$$

where k_{B_i} – coefficient assessing the increased land productivity due to water regime control in the i^{th} municipality. This coefficient is calculated by the following equation:

$$k_{B_i} = \frac{B_{rec_i}}{\sum_{i=1}^n B_{rec_i}} \sum_{i=1}^n F_{(I)_i}, \quad (4)$$

where B_{rec_i} – increased land productivity (in soil rating points) due to water regime control in the i^{th} municipality.

According to scenario III, adjusted subsidies for the i^{th} municipality are calculated by the following equation:

$$F_{(III)_i} = \frac{k_{A_i} F_{(I)_i}}{\sum_{i=1}^n k_{A_i} F_{(I)_i}} \cdot S_{rec}, \quad (5)$$

where k_{A_i} – coefficient assessing abandoned land areas in the i^{th} municipality. This coefficient is calculated by the following equation:

$$k_{A_i} = \left(\frac{\frac{A_{der_i}}{\bar{A}_{der_i}} - \frac{A_{ag_i}}{\bar{A}_{der_i}}}{\bar{A}_{der_i} - \frac{A_{ag_i}}{\bar{A}_{der_i}}} \right)^{2.5}, \quad (6)$$

where A_{der_i} – area of abandoned land in the i^{th} municipality, ha;

A_{ag_i} – area of agricultural land in the i^{th} municipality, ha;

$\bar{A}_{der_i}$ – mean value of abandoned land in the country in percent (about 5.2% in the year 2003).

When allocating the funds according to scenario IV, a certain part of base subsidies is adjusted considering the increased land productivity due to water regime control. The other part of subsidies is regulated basing on abandoned land areas in municipalities. In that case, adjusted subsidies for the i^{th} municipality will be the sum of the above-mentioned values of the equations (3) and (5):

$$F_{(IV)_i} = F_{(II)_i} + F_{(III)_i}. \quad (7)$$

On the basis of the given algorithm, a special “MS Excel 2000” program was created to calculate all possible variants of the adjustment of state subsidies (calculations can be done in any currency). When calculating according to scenario II, regions where drainage increases land productivity by 12 points, get 15-50% lower state subsidies, whereas regions where land productivity increases

Table 2

Reallocation of state subsidies for maintenance of land drainage considering regional priorities (based on the data of 2003)

Regions ¹⁾	Scenario II ²⁾			Scenario III			Scenario IV		
	Indexes of base subsidies								
	Max	Min	AV±SD ³⁾	Max	Min	AV±SD	Max	Min	AV±SD
1	1.49	1.25	1.36±0.08	1.36	1.17	1.25±0.05	1.40	1.08	1.24±0.10
2	1.15	0.87	0.99±0.09	1.16	0.71	1.00±0.13	1.06	0.95	1.00±0.04
3	0.86	0.50	0.76±0.09	0.67	0.12	0.44±0.16	0.93	0.38	0.71±0.17

Notes: ¹⁾ 1 – the region of fertile soils (Middle Lithuania) where efficiency of land drainage exceeds the average value in the country; 2 – the region where land productivity and the area of abandoned land in municipalities corresponds to the average value in the country or slightly differs from it; 3 – the region of poor soils where the area of abandoned land exceeds the average value in the country.

²⁾ Financing according to scenario I equals 1.

³⁾ AV – average value in the region, SD – standard deviation.

by 18-21 points, get 125-149% higher subsidies (Table 2). When calculating according to scenario III, state subsidies are reduced as the abandoned land area in the municipality exceeds the mean value in the country. When abandoned land area is less than the mean value, the funding is increased. It should be noted that there can be many transitional variants between scenarios II and III.

To achieve more benefits from the drainage systems, maintenance of land drainage must be financed considering both factors without giving priority to any of them (scenario IV). In that case, several financing variants may be applied, depending on the reallocated part of subsidies due to increased land productivity (B_{rec_i}) and abandoned land area (A_{der_i}). Basing on the indexes given in Table 2, subsidies for any selected scenario can be calculated. Applying the suggested methodology, the base subsidies would increase up to 140% in the region of Middle Lithuania where land drainage operation plays a significant role in the development of agriculture and the efficiency of funding is high. In the territory where poor soils are prevailing, land productivity is low and land drainage is less significant, the base subsidies would be reduced by about $29 \pm 17\%$. For municipalities where drainage increases the land productivity approximately by 14.5 points, the adjustment of base subsidies is changing only by $\pm 4\%$ on average.

Conclusions

1. The greatest part (63%) of subsurface drainage in Lithuania exceeds the useful lifetime of 30 years. Approximately 20-25 thousand hectares of drained land yearly become unsuitable for agricultural development due to imperfect drainage.
2. Deteriorations in land drainage quality are mostly due to economic reasons in Lithuania. The amount of 4.4 € ha^{-1} allocated for land reclamation needs in the past four years (2002-2005) is only 15.2% of the sum required according to the EU-PHARE Project.
3. The expedience of investments in land reclamation is determined by climate conditions and soil fertility of the regions. The most productive areas are situated in the region of Middle Lithuania. The efficiency of renovation of the implemented drainage systems is 36% higher in this region than in the rest part of the territory.
4. The methodology for reallocating subsidies for land drainage should be in line with the economic prospects. In conformity with the land productivity and abandoned land areas in the territories of municipalities, the base subsidies would increase to 140% or would be reduced to 38%.

References

1. Bastiene, N. (2002) The main problems of drainage systems exploitation in Lithuania. In: *Proceedings of the International Conference 'Research for Rural Development 2002'*, 22-24 May, 2002, Jelgava, Latvia, pp. 133-139.
2. Brusokaitė-Stravinskienė, V. (2002) Ariamos žemės naudojimo pokyčiai Vidurio Lietuvos rajonuose. *Vandens ūkio inžinerija*, 21(43), pp. 80-84.
3. Dzalbe, I., Busmanis, P. (2004) Agriculture land use and drainage in Latvia. The role of farm management practice. *OECD Expert Meeting on Farm Management Indicators for Agriculture and the Environment*, 8-12 March, 2004. Palmerston North, New Zealand, p. 10.
4. Juodis, J., Pakutinskas, J., Vaičys, M. (2001) Dirvožemio bonitavimas ir ekonominis žemės vertinimas. Iš: *Lietuvos dirvožemiai: monografija*. V. Vasiliauskienė, M. Eidukevičienė (red.). Vilnius, pp. 1047-1062.
5. Kuiper, R. (1998) Report on the first phase of the water management associations component. The Lithuanian Land Reclamation Project (LLRP). In: *International Scientific Conference "The State and Problems of Usage of Water Management Systems"*, 15-16 October, 1998, Kaunas, pp. 19-22.
6. Lietuvos Respublikos 2004 metų valstybės biudžeto ir savivaldybių biudžetų finansinių rodiklių patvirtinimo įstatymas. IX-1884. (2003) *Valstybės žinios*, Nr. 121-5466, pp. 4-19.
7. Lietuvos Respublikos Melioracijos įstatymas. IX-2009. (2004) *Valstybės žinios*, Nr. 28-877, pp. 46-48.
8. *Lietuvos statistikos metraštis 2003*. (2003) Lietuvos statistikos departamentas. Vilnius, 612 pp.
9. *Lietuvos žemės ūkis 2004*. (2005) Lietuvos statistikos departamentas, Vilnius, 110 pp.
10. *Lietuvos žemės ūkis ir kaimo plėtra 2004*. (2005) Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas, Vilnius, 204 pp.
11. Maziliauskas, A. (2004) Land use and water management challenges in Lithuanian rural areas. *Irrigation and Drainage*, Vol. 53, No. 3, pp. 215-338.
12. Maziliauskas, A., Morkūnas, V., Rimkus, Z., Šaulys, V. (2005) Analysis of Situation in Land Reclamation Sector in Lithuania. *ICID 21st European Regional Conference "Integrated Land and Water Resources Management: Towards Sustainable Rural Development"*, 15-19 May, 2005. Frankfurt (Oder) and Slubice, Germany and Poland, p. 8.

13. Monsees, J. (2004) The German Water and Soil Associations – self-governance for small and medium scale water and land resources management. *Journal of Applied Irrigation Science*, Vol. 39, No. 1, pp. 5-22.
14. Morkūnas, V., Šaulys, V. (2002) Žemių melioravimo būklė ir plėtros strateginės kryptys. Iš: Purvinskas, K. (red.) *Lietuvos žemės ūkio būklė ir plėtros strateginės kryptys*: mokslo darbai, t. 2, pp. 116-131.
15. Motuzas, A.J., Buivydaite, J., Danilevičius, V., Šleiny, R. (1996) *Dirvožemio mokslas*. Vilnius, 76 pp.
16. Offringa, O., Hoekstra, D., Boom, M. (1999) EU-PHARE Program. *Lithuania Land Reclamation Project 1997-1999*. Feasibility Study, Kaunas-Akademija, 176 pp.
17. Rimidis, A., Dierickx, W. (2003) Evaluation of subsurface drainage performance in Lithuania. *Agric. Water Management*, Vol. 59, No. 1, pp. 15-31.
18. Šaulys, V., Lukianas, A. (2003) Melioracijos įrenginių eksploatavimo perspektyvos kaimo ekonominių problemų kontekste. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol. XI, Supl. 2, pp. 11-18.
19. Sivickis, K. (2002) Melioracijos įrenginių techninės būklės gerinimas taikant ES šalių patirtį. *Vandens ūkio inžinerija*, 20(42), pp. 76-81.
20. Vaikasas, S., Šaulys, V., Būta, A. (1998) Investicijų į melioracinį turtą efektyvumo vertinimo modeliai. *Vandens ūkio inžinerija*, 5(27), pp. 89-101.
21. Valstybinis žemėtvarkos institutas. (2004) *Melioruota žemė ir melioracijos statiniai*: informacinis leidinys. Vilnius, 39 pp.

Anotacija

Rakstą analizėta pašreizėjā situācija zemes meliorācijas sektorā Lietuvā, kā arī lauksaimniecības zemju nosusināšanas sistēmu apsaimniekošana tirgus ekonomikas apstākļos. Zemes nosusināšanas praksei Lietuvas lauksaimniecībā ir nozīmīga loma. Līdz 2004. gadam apmēram 2.98 miljoni hektāru (85.5%) lauksaimniecības zemju bija nosusinātas. Lai gan privātīpašuma tiesības uz zemi Lietuvā tika atjaunotas 1990. gadā, zemes nosusināšanas struktūru privatizācija netika uzsākta vienlaicīgi ar zemes reformu. Tā kā nosusināšanas sistēmas ir iekļautas valsts īpašumā, to uzturēšanu finansē valsts. Sakarā ar šo sistēmu pastāvīgo nolietošanos piešķirtais finansējums (vidēji tikai 4.4 € ha⁻¹ gadā) nebūt nav pietiekams, tādēļ subsīdiu piešķiršanai izstrādāti četri projekti. Pielietojot ieteikto metodoloģiju, prioritāte tiktu dota rajoniem ar augstāko ienākumu no lauksaimniecības. Tādēļ Lietuvas vidienē, kur ūdens režīma kontrole ir ienesīga, pašreizējās subsīdijas zemes nosusināšanai paaugstinātos par indeksu 1.24±0.10. Savukārt teritorijā, kur zemes produktivitāte ir zema un pamesto zemju procentuāli ir vairāk nekā vidēji valstī, finansējums samazinātos par indeksu 0.71±0.17.

Biological Value Changes in Wheat, Rye and Hull-less Barley Grain During Biological Activation Time

Kviešu, kailgraudu miežu un rudzu graudu bioloģiskās vērtības izmaiņas bioloģiskās aktivēšanās laikā

Tatjana Rakcejeva, Liga Skudra

Department of Food Technology, Faculty of Food Technology, LLU, e-mail: Tatjana.Rakcejeva@llu.lv
LLU Pārtikas Tehnoloģijas fakultātes Pārtikas Tehnoloģijas katedra, e-pasts: Tatjana.Rakcejeva@llu.lv

Uldis Iljins

Faculty of Information Technology, LLU
LLU Informācijas Tehnoloģiju fakultāte

Abstract. Cereal products are the main part of human diet, as they contain high amount of proteins, carbohydrates, vitamins, and dietary fibre. Germinated seeds, grain and grain germs have already been used in food since ancient times. Biologically activated grain application is a new direction in white bread technology. The aim of the investigation was to determine the optimal wheat grain activation parameters and study the changes of biological composition in wheat, hull-less barley, and rye grain during activation process. Wheat, rye and hull-less barley grain were biologically activated with the purpose of adding such grain to wheat dough and of increasing biological value of wheat bread. It was found that the optimal grain biological activation parameters were: relative air humidity – $80\pm 1\%$, temperature – $+34\pm 1^\circ\text{C}$, and time – 24 ± 1 h. The quality of gluten in wheat grain became unsatisfactory during the grain activation of up to 36 h due to the occurrence of intense dissimilation processes during activation time. Gluten was found neither in activated nor in inactivated rye and hull-less barley grain. The content of dietary fibre, vitamins B₂, E and niacin increased and vitamin C synthesized during the grain activation time. Compared to inactivated grain samples, activated hull-less barley grain showed an increase in glycosamin content, i.e., by 4.7 times, while in rye and wheat grain the content of glycosamin increased only 1.7 times. The developed mathematical model demonstrates that the change in the falling number value during grain activation depends on the grain activation time.

Key words: biological activation, hull-less barley grain, gluten, dietary fibre, air humidity.

Introduction

Cereal products are the main part of human diet, as they contain high amount of proteins, carbohydrates, vitamins of group B, and dietary fibre. Germinated seeds, grain and grain germs have already been used in food since ancient times. Vitamin C was found in soybean's germ in 1782, as a result such grains were used for the treatment of scurvy (Nöcker, 1995).

The literature provides a description of some examples on the use of germinated wheat grain in bread and confectionary industry (Хоперская, 1995, 1998; Djačenko, 2002; Хоперская, 2004).

The results of researches show that germinated grain is a healthy product and, if such grain is used in conventional food, it would intensify metabolism, strengthen immunity, compensate deficiency of vitamins and mineral substances, and normalize acid and alkali balance.*

The activity of enzymes increases during germination: endohydrolase enzymes

(α - and β -amylases), proteolytic enzymes, diphenoloxysydase, and catalyse are activated. Stability of gluten depends on the amount of formed disulfide bonds ($-S-S-$) and on disulfide bonds correlation with the sulfhydryl groups ($-SH-$) (Казаков, Кретович, 1989; Hugh et al., 1998).

Protein content in wheat grain varies between 7–20% from the total dry matter content (Kulp et al., 2000). Whereas composition of amino acids is a very important aspect for wheat grain. The amount of amino acids is higher in the central part of a grain compared to periphery. The aleurone protein has a higher food value compared to protein of endosperm (Казаков, Кретович, 1989; Johansson, 1995; MacRitchie, 1999; Tanacs et al., 1994). Gluten content is the most important part of wheat albumen.

In rye grain, the protein content (9–20% from total dry matter) is lower, whereas that of essential amino acids – by 1.5 times higher (lysine and threonine)

* Иванов, С.Г., Шаскольская, Н.Д., Харламова, А.Н. (2005) Оздоровительные свойства пророщенных семян и эффективность лечения пациентов, страдающих хроническим гепатитом «С», пророщенными семенами расторопши. Доказательная медицина: <http://newmedt.ru/atat12.php> – accessed on 27.09.2005.

compared to wheat grain (Казаков, Карпиленко, 2005; Lásztity, 1996).

Rye grain starch gelatinization temperature is lower (+52 – +55 °C) compared to wheat grain. The amount of riboflavin and vitamin E in rye grain is higher. Physical properties of rye grain gluten are similar to those of wheat grain – it is with lower elasticity and stability. Gluten content in rye grain makes up 40% from the total amount of protein. The biggest part of rye grain albumen dissolves in water and low-concentration salt dilutions. The increase in glutenin amount promotes strengthening of gluten (Казаков, Кретович, 1989).

In food industry, hull-less barley is considered as more valuable and more economical compared to flaky barley. The hull-less barley flour has a little darker colour because, compared to flour from soft wheat, it has a higher ash value and a higher protein and β -glucans content. Soluble dietary fiber, mainly β -glucans, provides a promoted viscosity. As a result, digestion, cholesterol and fat absorption are decreased (Bhatty, 1999; Bengtsson et al., 1990; Newman, Newman, 1991; Belicka, Bleidere, 2005; Legzdina, 2003). Compared to wheat and rye grain, the highest content of natural antioxidants (copherol and tocotrienols) and vitamin E is established in barley grain. Protein content in hull-less barley grain is from 9 to 20% from total dry matter (Shewry, 1993). The properties of barley gluten, similarly to rye grain gluten, are similar to those of wheat grain gluten with poor quality. The proteolytic enzyme papain activity deteriorates the quality of gluten (Казаков, Кретович, 1989).

Total sugar content is approximately $\frac{3}{4}$ from total dry matter in wheat, rye, and hull-less barley grain.

Information can be found in the literature that the biological value of grain is increased during the grain germination time. No data was found on the changes in physical and chemical composition of rye and hull-less barley grain, especially during the activation time in various activation stages, therefore it is necessary to determine the optimum grain biological activation time when grain has the highest biological value but its structure has not considerably changed.

The purpose of this research was to study the changes in physical-chemical and biological properties in rye, wheat, and hull-less barley grain during the biological activation process.

The objectives were:

- to determine experimentally the optimal parameters for grain activation – temperature, relative air humidity, and activation time;
- to investigate the qualitative changes in grain during the biological activation process.

Materials and Methods

For the research the following materials were used: wheat grain (variety 'Kontrast'), rye grain (variety 'Voshod') harvested in 2003 by the limited liability company „Zelta vārpa 5”, and hull-less barley grain cultivated at Priekule Plant Breeding Station in Latvia and harvested in 2004, as well as drinking water for grain rinsing and steeping in compliance with Regulations No. 235 of the Cabinet of the Republic of Latvia „Compulsory Requirements for Harmlessness of Drinking Water”, 2003*.

Grain was washed (H_2O $t = +20 \pm 1$ °C) and wetted (H_2O $t = +20 \pm 1$ °C, $\tau = 24 \pm 1$ h). Grain biological activation was performed in the climatic chamber at temperatures (t) $+25 \pm 1$, $+30 \pm 1$, and $+35 \pm 1$ °C at constant relative air humidity (ϕ) of $80 \pm 1\%$ for up to 36 hours (h).

For determination of the quality of raw materials, standard methods were used.

Grain moisture was determined by the standard method LVS 272.

The content of gluten was determined by the standard Perten method LVS 275 and using the equipment „Glutomatic”.

Changes in the **falling number** in grain were determined by the standard Hagberg-Perten method LVS 274.

Fat content was determined by the standard method ISO 6492 using the equipment „Büchi Extraction System B-811”.

Dietary fibre content was determined by the standard method ISO 5498 using the equipment „Fibertec system 1010 Heat Extractor”.

Total protein content was determined by the standard method AACC 46-20 by means of a Kjeldahl method.

Total sugar content was determined by the standard Bertran method. The combustion of keton group boiling solution with Felling reagent forms the base of this method.

The content of amino acids was determined by the chromatographic method using the amino acid analyser „Mikrotechna AAA 831” (Козаренко и др., 1981).

Vitamin C content was determined by the Tillman's method. The method is based on the extraction of L-ascorbic acid from the analysing material by means of the oxalic acid and conversion of 2,6-dichlorophenolindophenol into dehydroascorbic acid (Matisseks, Šnēpels, 1998).

Niacin content was determined by the method of Stepanova using a photoelectrocolorimeter (Нестерова, 1967).

Vitamin B₁ content was determined by means of the fluorometer „Specol 11” in compliance with the

* Dzeramā ūdens obligātās nekaitīguma un kvalitātes prasības, monitoringa un kontroles kārtība (2006): <http://www.likumi.lv/doc.php?id=75442> – accessed on 18.12.2006.

Table 1

Characterisation of grain activation parameters

Type of grain	$\varphi = 80 \pm 1\%$ $\tau = 24 \pm 1 \text{ h}$ $t = +25 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$		$\varphi = 80 \pm 1\%$ $\tau = 24 \pm 1 \text{ h}$ $t = +30 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$		$\varphi = 80 \pm 1\%$ $\tau = 24 \pm 1 \text{ h}$ $t = +34 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
	Sprouted, %	Unsprouted, %	Sprouted, %	Unsprouted, %	Sprouted, %	Unsprouted, %
Rye	75	25	85	15	88	12
Hull-less barley	70	30	75	25	80	20
Wheat	69	31	88	12	91	8

Jansen's method by the modification of Jelesjeva (Matiseks, Šnēpels, 1998).

Vitamin B₂ was determined by means of the fluorometer „Specol 11” according to the method of Povolocka and Skorobogatova (Нестерова, 1967).

Determination of the amount of **vitamin E** is based on the ability of tocopherol to oxidise. Vitamin E was oxidized with FeCl₃, while iron – with α - and α^1 -dipiridil (Вальдман и др., 1993).

Glycosamin content was determined by means of the amino acid analyser „Mikrotechna AAA 831”. A new determination method was developed: N-acetylglucosamin at the ratio of 1 : 1 was added to grain extract, as a result of which the subsequent peak between amino acid tyrosine and histidine was assumed as glycosamin.

Results and Discussion

The research proved that optimal **grain biological activation parameters** in the climatic chamber were: $\varphi = 80 \pm 1\%$, $t = +34 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, and activation time – up to 36 hours. The characterisation of grain activation parameters is shown in Table 1.

Prior to the experiments, the **value of grain falling number** was 493 s for hull-less barley, 460 s for wheat, and 173 s for rye grain. The falling number for all kinds of grain was 62 s after grain activation for 36 hours. Such changes can be explained by biochemical reactions occurring in grain during activation as a high activity of α - and β -amylase enzymes are observed (Ruža, 2001), as a result of which starch is split.

Qualitative and quantitative changes in gluten. Inactivated wheat grain and grain activated for 12, 24, and 36 hours were tested. Qualitative gluten was not found in the rye and hull-less barley grain. It was observed that the amount of dry gluten in wheat grain activated for 24 hours decreased 6.7 times, gluten index – 2.5 times, and gluten hydration

properties – 1.2 times. After wheat grain activation for 36 hours, gluten was not detected. This can be explained by the dissimilation processes during grain activation time and by the decrease in protein content. Therefore in order to obtain good quality gluten, grain activation time should not exceed 24 h. This can be mainly explained by the increased amount of gliadin, as well as by the decreased correlation between disulphide bonds and -SH- groups in activated rye grain and by enzyme paphain activity in hull-less barley grain (Казаков, Кретович, 1989; Hugh et al., 1998).

Changes in fat content during grain activation.

Changes in fat content were not considerable during the biological activation time. The activity of 3-acetylglucerocephalase and lipoxigenase enzymes increased during the grain activation time for up to 24 hours, compared to the inactivated grain samples.

Changes in total protein content. Proteins were split by proteolytic enzymes, as a result of which the total protein content decreased during the grain activation time. During the grain activation time for up to 24 hours, the total protein content decreased more intensively in rye grain (9.4 times), but in wheat and hull-less barley grain these changes were not so significant (from 13.18 to 12.89% and from 17.35 to 12.16% accordingly) (Fig. 1).

Changes in dietary fibre content in grain during the activation time. Dietary fibre content increased from 2.59 to 2.83% in rye grain, from 1.64 to 2.18% in hull-less barley grain, and from 3.22 to 3.34% in wheat grain (Fig. 2) during activation for up to 24 hours. Such changes can be explained by the activity of amylolytic enzymes and splitting of cellulose and maltose.

Changes in total sugar content. The highest total sugar content (6.00%) was determined in inactivated rye grain which was 2.4 times higher compared to hull-less barley grain and 1.8 times higher compared to wheat grain.

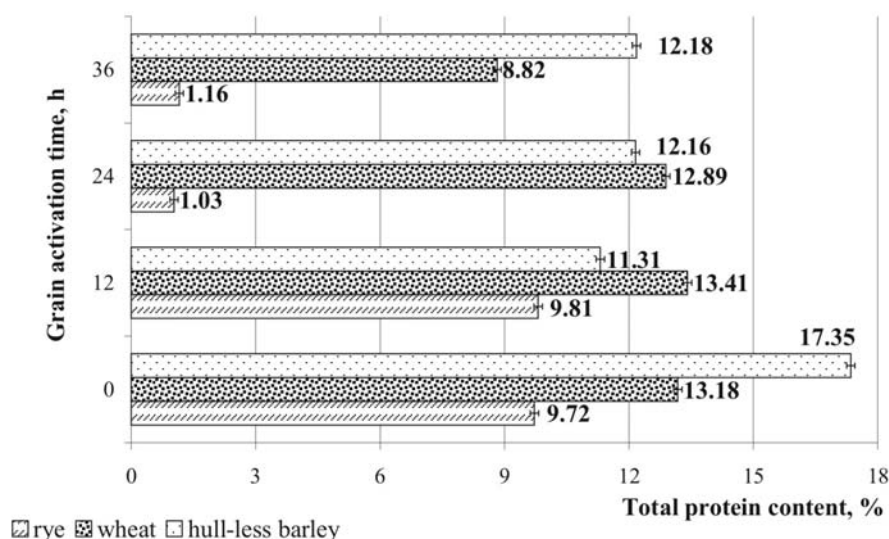


Fig. 1. Decrease in total protein content in grain during grain activation time.

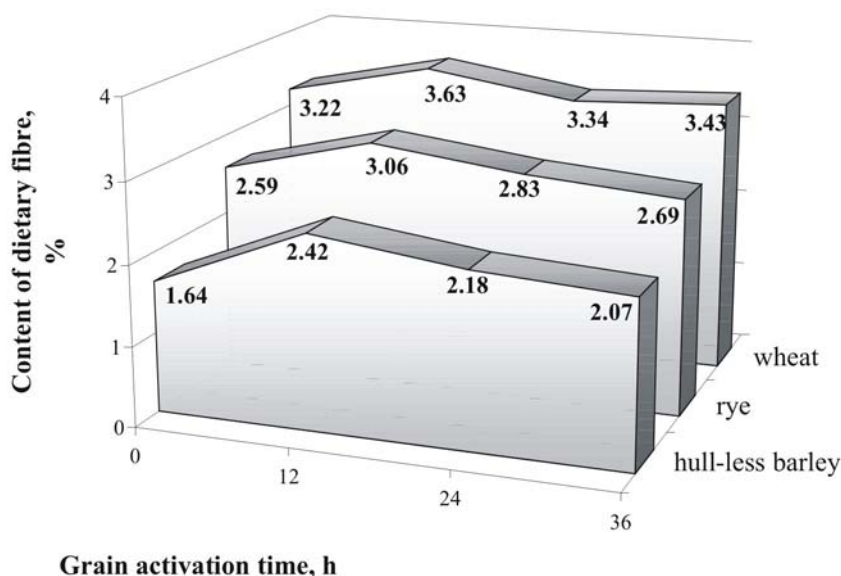


Fig. 2. Dynamics of dietary fibre content in grain during grain activation time.

The amount of total sugar content increased 1.3 times in hull-less barley grain, 1.2 times in rye grain, and 2.0 times in wheat grain during the grain activation time for up to 24 hours (Fig. 3) which can be explained by the synthesis of carbohydrates in cell walls of grain for grain sprout development.

Changes in vitamin content in grain during the activation time. The amount of vitamin B₁ in the activation process of wheat, rye and hull-less barley grain considerably decreased (Fig. 4).

The decrease in vitamin B₁ content can be explained by the possible metabolism and biochemical reactions occurring during the activation time and the availability of vitamin B₁ in enzyme phyrovatdecarboxylase which participates in the growth and splitting reactions of

carbohydrates occurring in grain (Казаков, Кретович, 1989). During the activation for up to 24 hours, the content of vitamin B₁ decreased by 32.10% in wheat grain, by 57.78% in rye grain, and by 17.39% in hull-less barley grain.

Contrary results were observed for the content of vitamin B₂ (Fig. 5). The amount of vitamin B₂ increased by 45.5% in rye grain, by 54.5% in wheat grain, and by 88.9% in hull-less barley grain during the activation time for up to 24 hours. The increase of B₂ content in hull-less barley and wheat grain was very similar. As inactivated rye grain is richer in the content of vitamin B₂ compared to inactivated wheat and hull-less barley grain, the increase in vitamin B₂ amount was more pronounced which can be explained

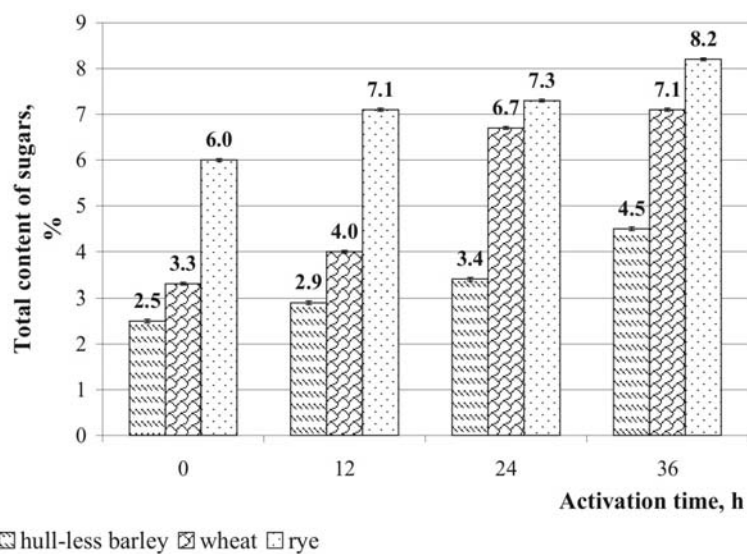
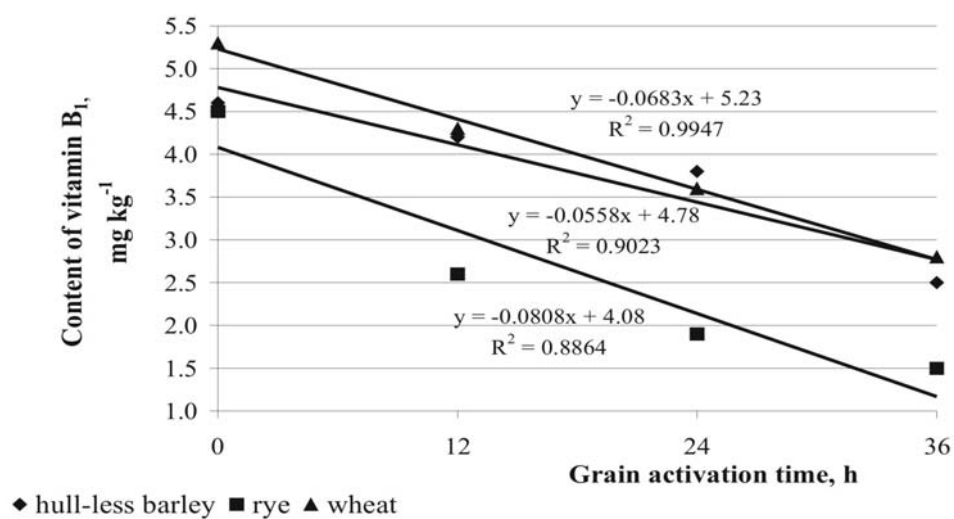
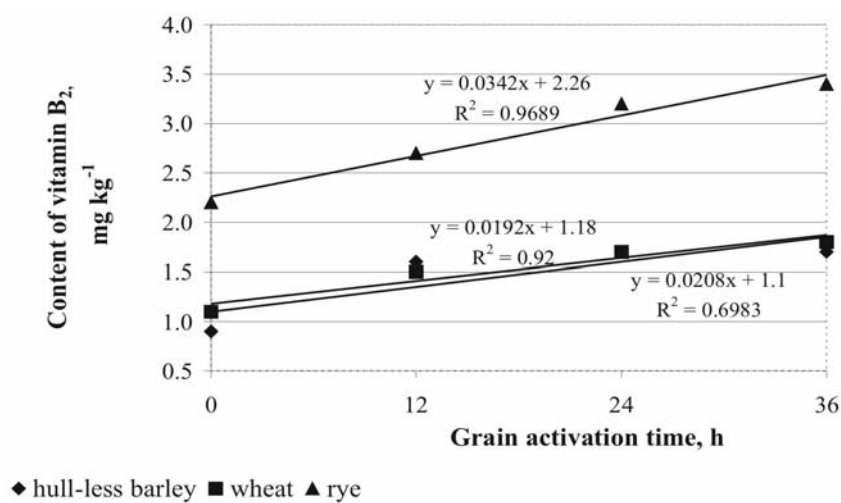


Fig. 3. Changes in total sugars in grain during grain activation time.

Fig. 4. Decrease in vitamin B₁ content in grain during grain activation time.Fig. 5. Changes in vitamin B₂ content in grain during grain activation time.

by the short rest period and intensive process of metabolism occurring in rye grain.

Inactivated wheat grain was richer in the content of **niacin** by 70.10% compared to rye grain and by 57.23% compared to hull-less barley grain. The research proved that the increase in niacin content was more marked in hull-less barley and rye grain. Compared to inactivated grain samples, the content of niacin increased 1.3 times in wheat grain, 2.6 times in rye grain, and 2.1 times in hull-less barley grain activated for up to 24 hours.

Vitamin C was not found in inactivated grain samples. By means of biochemical reactions, during the activation process for up to 24 hours vitamin C was synthesized to 71.0 mg kg⁻¹ in wheat grain, to 69.4 mg kg⁻¹ in rye grain, and to 26.9 mg kg⁻¹ in hull-less barley grain.

The increase of the amount of **vitamin E** in wheat and rye grain during the activation process was similar.

Vitamin E content increased 6.5 times in wheat grain and 6.2 times in rye grain. The increase of vitamin E amount in hull-less barley grain during the activation time was not so intensive – only 1.7 times compared to inactivated grain samples.

Changes in the content of total irreplaceable amino acids in grain during the activation time. A comparatively higher content of irreplaceable amino acids was found in inactivated hull-less barley grain (Fig. 6). The total content of amino acids decreased by 18.8% in hull-less barley grain, by 17.4% in wheat grain, and by 47.4% in rye grain during grain activation time for up to 24 hours. The application of amino acids in grain metabolism explains the decline.

Changes in the content of glycosamin. The highest content of glycosamin was obtained in inactivated wheat (0.23 g kg⁻¹) and rye (0.24 g kg⁻¹) grain (Fig. 7) whereas in inactivated hull-less barley grain – only 0.10 g kg⁻¹.

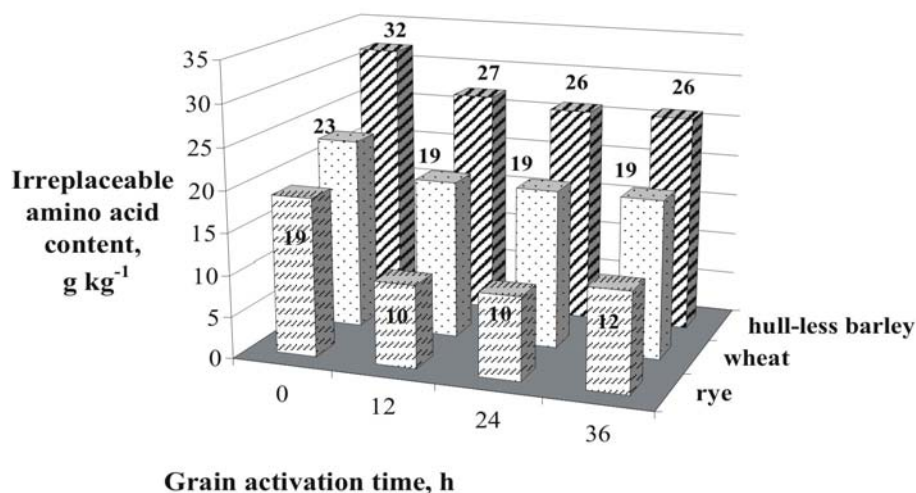


Fig. 6. Changes in the content of total irreplaceable amino acids in grain during grain activation time.

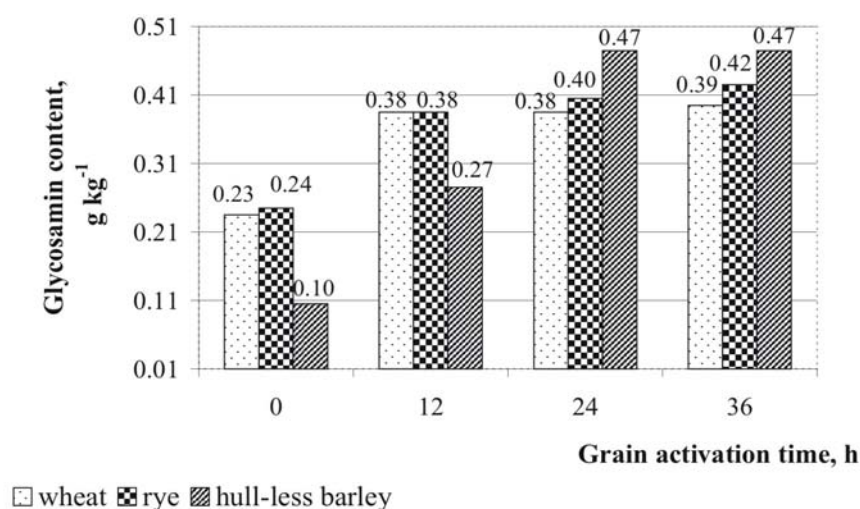


Fig. 7. Changes in glycosamin content in grain during grain activation time.

A comparatively higher increase of glycosamin was observed in hull-less barley (4.7 times) grain during activation for up to 24 hours, while in rye and wheat grain the amount of glycosamin increased only 1.7 times.

Glycosamin as a biologically active compound forms a part of glycopeptides and thus acts as a mediator of the human immunity system. Therefore addition of glycosamin-containing grain to dough increases the biological value of bread.

Development of the mathematical model. The mathematical model was developed on the basis of experimental data taking into account the changes in the value of wheat falling number during grain activation. Duration of wheat grain activation time was up to 36 hours. If grain activation time exceeds 36 hours, the active components (carbohydrates, protein, and lipids) regenerate in the process of synthesis to ensure the growth of grain therefore it can be supposed that the speed of active component splitting is proportional to the amount of active components.

It is not possible to determine the speed of biological processes depending on grain variety and activation parameters, but the speed of such processes can be assumed as a **constant V** (as there is no information on the kinds of processes occurring in grain). The decrease of the grain falling number value is possible due to the synthesis of active components.

As a result, a differential equation was obtained (1):

$$\frac{dK}{dt} + \frac{K}{\tau} = V \quad (1)$$

where $\frac{dK}{dt}$ – speed of changes in the falling number value during the activation time, s;

K – falling number, s;

τ – time constant of the process;

V – speed of active component synthesis calculated through the speed changes in the falling number.

Initial term of the differential equation is:

$$K|_{t=0} = K_0, \quad (2)$$

where K_0 – initial value of the falling number, s.

The differential equation is the linear preferential ordinal, non-homogeneous differential equation with constant coefficients, which may be solved by means of Euler's method. The solution of problems (1 and 2) is shown in formula 3:

$$K(t) = (K_0 - \tau \cdot V) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + \tau \cdot V \quad (3)$$

where K(t) – dependence of the falling number on the activation time;

t – time, h;

e – base of the natural logarithm.

To determine coefficients V and τ in equation 3, the least square method of equation 3 is applied to the equation developed further. Using the experimental data, the sum is completed (4):

$$S = \sum_i [K_{\text{eksp}}(t)_i - K_t(t)_i]^2 = \sum_i \left[K_{\text{eksp}}(t)_i - ((K_0 - \tau \cdot V) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + \tau \cdot V) \right]^2 \quad (4)$$

where S – sum of squares;

$K_{\text{eksp}}(t)_i$ – experimental value of the falling number depending on the activation time;

$K_t(t)_i$ – theoretical value of the falling number depending on the activation time.

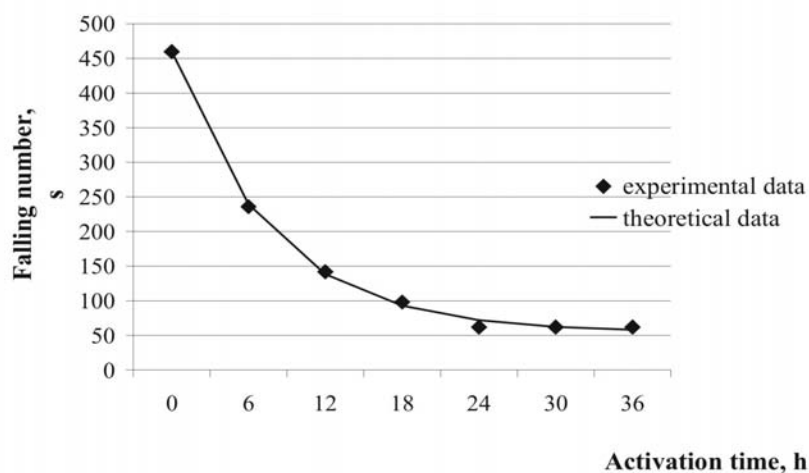


Fig. 8. The curve for the changes in theoretical and practical falling number value in wheat grain during grain activation time.

The Solver software was used for the sum (4) minimalization.

The coefficients V (7.13) and τ (7.63) were determined by means of experimentally ascertained data and sum 4.

As a result, the changes in the theoretical falling number value in wheat grain during the activation time were calculated and a theoretical curve was obtained (Fig. 8). The designed mathematical model is suitable to predict the falling number value not only of wheat but of other grain too.

Conclusions

1. The research proved that optimal grain biological activation parameters are: $\varphi = 80 \pm 1\%$, $t = +34 \pm 1^\circ\text{C}$, and $\tau = 24 \pm 1$ h.
2. The quality of gluten in wheat grain becomes unsatisfactory during grain activation for up to 36 h due to the occurrence of intensive dissimilation processes during the activation time. As a result, the content of total protein decreases. Gluten is found neither in activated nor in inactivated rye and hull-less barley grain.
3. Intensive biochemical processes occur during grain activation time, as a result of which grain biological value increases – the content of vitamins B₂, E and niacin, of total sugars, dietary fibre and of glycosamin increases, vitamin C is synthesized, and the content of irreplaceable amino acids decreases.
4. The designed mathematical model is suitable to predict the falling number value not only of wheat but of other grain too.

References

1. Belicka, I., Bleidere, M. (2005) Comparative evaluation of the yield and qualitative traits of hull-less and hulled barley. *Latvian Journal of Agronomy*, No. 8, pp. 90-93.
2. Bengtsson, S., Aman, P., Graham, H., Newman, C.W., Newman, R.K. (1990) Chemical studies on mixed-linked β -glucans in hull-less barley cultivars giving different hypocholesterolaemic responses in chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, No. 52, pp. 435-445.
3. Bhatti, R.S. (1999) The potential of hull-less barley. *Cereal Chemistry*, No. 76, pp. 589-599.
4. Djačenko, J. (2002) *Maizes un konditorejas izstrādājumu pagatavošanas paņēmieni no miltu mīklas, pielietojot diedzētus graudus. Patents LV 12764 B, Latvija*.
5. Hugh, J. Cornell, Albert, W. Horveling (1998) *Wheat Chemistry and Utilization*. USA, Lancaster-Basel, 427 pp.
6. Johansson, E. (1995) *Wheat grain proteins: accumulation and composition in breeding for improved bread-making quality: doctoral thesis*. Svalöv, pp. 5-36.
7. Kulp, K., Joseph, G., Ponte, Jr. (2000) *Handbook of Cereal Science and Technology*. Marcel Dekker, New York Basel, 790 pp.
8. Lásztity, R. (1996) *Cereal proteins*. CRC Press. Boca Raton, New York, London, Tokyo, pp. 19-176.
9. Legzdina, L. (2003) *Kailgraudu miežu agrobioloģiskais vērtējums un selekcijas perspektīvas. Disertācija*, LLU, Jelgava, 146 lpp.
10. MacRitchie, F. (1999) Wheat proteins: characterization and role in flour functionality. *Cereal Foods World*, Vol. 44, pp. 188-193.
11. Matiseks, R., Šnēpels, F. (1998) *Pārtikas analītiskā ķīmija*. Latvijas Universitāte, Rīga, 456 lpp.
12. Newman, R.K., Newman, C.W. (1991) Barley as a food grain. *Cereal Foods World*, No. 36, pp. 800-805.
13. Nöcker, R. M. (1995) *Körner and Keime*. Übner Ulm, Germany, 224 s.
14. Ruža, A. (2001) *Augkopība*. Jelgava, lpp. 102-128.
15. Shewry, P.R. (1993) Barley seed proteins. Ch. 4 in: *Barley Chemistry and Technology*. MacGregor A.W., Bhatti R.S. (Eds.) American Association of Cereal Chemists, St. Paul., MN, pp. 131-198.
16. Tanacs, L., Matuz, J., Kovacs, K., Gero, L. (1994) Effect of NPK fertilization and year on the baking quality and protein content of wheat varieties. *Novenytermeles* (Hungary), No. 4, pp. 285-293.
17. Вальдман, А.Р., Сурай, П.Ф., Ионов, И.А., Сахацкий, Н.И. (1993) *Витамины в животноводстве*. Оригинал, Харьков, РИП, 423 стр.
18. Казаков, Е.Д., Карпиленко, Г.П. (2005) *Биохимия зерна и хлебопродуктов*. ГИОРД, Санкт-Петербург, 510 стр.
19. Казаков, Е.Д., Кретович, В.Л. (1989) *Биохимия зерна и продуктов его переработки*. Агропромиздат, Москва, 368 стр.
20. Козаренко, Т.Д., Зуев, С.Н., Муляр, Н.Ф. (1981) *Ионообменная хроматография аминокислот*. Наука, Новосибирск, 159 стр.
21. Нестерова, Е.А. (1967) *Методы определения витаминов в кормах*. Колос, Москва, 224 стр.
22. Хоперская, О.А. (2004) *Способ производства хлеба из пророщенного зерна пшеницы. Патент RU 2223652, SPK⁷ A21D13/02, Россия*.

23. Хоперская, О. А., Богданов, М. Е., Огудин, В. Л., Блинова, Н. А. (1995) *Способ производства бездрожжевого хлеба из проросшего зерна пшеницы. Патент RU 2101959, SPK⁶ A 21 D 13/02, Россия.*
24. Хоперская, О. А., Богданов, М. Е., Огудин, В. Л., Блинова, Н. А. (1998) *Способ производства бездрожжевого хлеба из проросшего зерна пшеницы. Патент 21019999959, MKU6: A21D 13/02, Россия.*

Anotācija

Graudaugu produkti ir cilvēku uztura pamats, jo ar oglehidrātiem un olbaltumvielām, ko tie satur, tiek uzņemtas gandrīz divas trešdaļas dienā nepieciešamo kaloriju, turklāt tie ir svarīgs vitamīnu un šķiedrvielu avots. Diedzētas sēklas, graudi un graudu dīglīši uzturā tiek izmantoti jau kopš seniem laikiem. Bioloģiski aktivētu graudu piedeva kviešu mīklai paaugstina tās kvalitāti un tādējādi iespējams iegūt bioloģiski augstvērtīgu produktu. Darba mērķis bija izpētīt rudzu, kviešu un kailgraudu miežu graudu izmaiņas bioloģiskās aktivēšanas laikā un noteikt graudu aktivēšanas optimālos apstākļus. Pētījumos tika noteikts, ka graudu optimālie bioloģiskās aktivēšanas apstākļi ir: relatīvais gaisa mitrums – $80 \pm 1\%$, temperatūra – $+34 \pm 1$ °C, laiks – 24 ± 1 h. Turpinot graudu aktivēšanu līdz 36 h, kviešiem lipekļa kvalitāte intensīvi notiekošo disimilācijas procesu dēļ pasliktinājās. No rudziem un kailgraudu miežiem lipekli iegūt neizdevās. Bioloģiskās aktivēšanās laikā graudos palielinājās šķiedrvielu, vitamīnu B₂, E un niacīna daudzums, un sintezējās C vitamīns. Salīdzinot ar neaktivētiem graudiem, glikozamīna saturs visstraujāk, t.i., 4.7 reizes, palielinājās aktivētos kailgraudu miežos, bet rudzos un kviešos – tikai 1.7 reizes. Izstrādātais matemātiskais modelis raksturo krišanas skaitļa vērtības izmaiņas graudu bioloģiskās aktivēšanas laikā atkarībā no aktivēšanas ilguma.

Govju piena produktivitātes mainību ietekmējošo faktoru analīze Analysis of Factors Affecting Cows Milk Productivity Traits Variation

Daina Jonkus

LLU Agrobiotehnoloģijas institūts, e-pasts: Daina.Jonkus@llu.lv
Institute of Agrobiotechnology, LLU, e-mail: Daina.Jonkus@llu.lv

Līga Paura

LLU Vadības sistēmu katedra, e-pasts: Liga.Paura@llu.lv
Department of Control Systems, LLU, e-mail: Liga.Paura@llu.lv

Abstract. The research was organized in the training and research farm “Vecauce” of the Latvia University of Agriculture. The trials were conducted during pasture period and lasted for 30 days – from 13 July till 11 August, 2001, and were repeated from 18 July till 16 August, 2002. The sample group included 70 clinically healthy Latvian brown dairy cows in different lactations. The main research interest was paid to the analysis of the variations in cow milk productivity traits by assessing the influence of particular physiological factors of an animal’s organism and that of environmental factors. Milk productivity traits with the highest value of variation coefficient proved to be milk yield ($C_v = 9.8 - 10.0\%$) and fat content ($C_v = 8.8 - 11.2\%$). The protein content varied from 4.3 to 4.5%. The trait with the lowest variation was the lactose content ($C_v = 2.1 - 3.9\%$), whereas milk yield and protein content showed the highest values of repeatability coefficient – $r_w = 0.73 - 0.84$ and $r_w = 0.72 - 0.73$ respectively. The content of fat and lactose were less stable exhibiting the lowest coefficient of repeatability – $r_w = 0.32 - 0.50$ and $r_w = 0.52 - 0.59$ respectively. Between days of the pasture period, statistically significant fluctuations in milk yield were observed under the influence of external environmental factors ($p < 0.05$).

Key words: dairy cows, milk productivity traits, variation.

Ievads

Piena lopkopība Latvijā ir viena no lauksaimniecības pamatnozārēm. Piena ražošanai ir nepieciešamas govīs, kurām būtu ģenētiski noteikta augsta potenciālā piena produktivitāte. Lai iegūtu šādus dzīvniekus, noteicošais ir ciltsdarbs. Ciltsdarbs ir zootehnisko pasākumu komplekss mērķtiecīgai dzīvnieku ģenētisko un saimnieciski derīgo īpašību izkopšanai, kurā ietilpst to pareiza izaudzēšana, izlase un atlase, ēdināšana, turēšana, kopšana un uzskaitē (Ciltsdarba normatīvie dokumenti, 1998).

Ciltsdarba efektivitāte ir atkarīga no govju piena produktivitātes precīzas kontroles un uzskaites jeb govju pārraudzības. Pārraudzība dod iespēju noskaidrot ražīgākās govīs, izslēgt no ganāmpulka mazražīgās, organizēt govju ēdināšanu atbilstoši to fizioloģiskajam stāvoklim un produktivitātes līmenim. Pārraudzības darbu valstī organizē pēc vienotiem Starptautiskās dzīvnieku pārraudzības komitejas (ICAR) noteikumiem, kuri paredz, ka pārraudzībā govīm jāveic individuāla izslaukuma uzskaitē un piena sastāva analīze. No piena sastāva jāanalizē piena tauku un olbaltumvielu % daļa. Katra valsts var izvēlēties analizēt arī citus rādītājus, kurus tā uzskata par nozīmīgiem ciltsdarbā.

Piena produktivitātes pazīmju precīzu zootehnisko uzskaiti govju ganāmpulkā apgrūtinā šo pazīmju mainība, ko izraisa organisma fizioloģisko un vides faktoru mijiedarbība.

Teorētiski govju piena ražotspēja laktācijā pilnībā var izpausties tikai tad, ja dzīvnieks bioloģisko spēju robežās var ražot pienu bez neplānotām piena produktivitātes izmaiņām. Šādas neplānotas, īslaicīgas govju piena produktivitātes izmaiņas, kad piena daudzums un sastāvs mainās diennakts laikā, var izraisīt virkne dažādu faktoru: izmaiņas ikdienas barības devā, dzeramā ūdens trūkums, krasa laika apstākļu maiņa, nepilnīga izslaukšana, slaukšanas laika maiņa, govīs meklēšanās, kā arī citi apstākļi, kas rada dzīvniekam stresu. Dažādu faktoru ietekmi uz izslaukumu un piena galveno sastāvdaļu – tauku un olbaltumvielu – daudzuma izmaiņām pētījuši daudzi autori (Rossow et al., 1990; Huth, 1995 u. c.).

Dažādos laika posmos govju piena produktivitāte arī Latvijā ir plaši pētīta (Laiviņa, 1956; Cālītis u.c., 1977; Strautmanis, 1984; Paura, 1999). Tomēr Latvijas apstākļos ir maz pētījumu par govju piena produktivitātes izmaiņām īsā laikā periodā. Tādēļ pētījuma darba galvenā uzmanība vērsta uz Latvijas brūnās šķirnes govju piena produktivitātes pazīmju mainības analīzi, novērtējot atsevišķu organisma fizioloģisko un ārējās vides faktoru ietekmi.

Materiāls un metodes

Pētījuma vieta – LLU mācību un pētījumu saimniecība (MPS) “Vecauce”. Izmēģinājumu veica 30 dienu laikā – ganību periodā 2001. gadā no 13. jūlija līdz 11. augustam. To atkārtoja 2002. gadā no

18. jūlija līdz 16. augustam. Paraugkopā iekļāvām vienas kopējas aprūpē esošas dažādu laktāciju klīniski veselās Latvijas brūnās šķirnes slaucamās govīs. Pirmajā pētījuma gadā ganību periodā analizēja 2211, un pētījumu atkārtotot pēc gada – 1988 piena paraugus.

Pētījuma grupas govju vidējais vecums pirmajā un otrajā pētījuma gadā atšķīrās nenozīmīgi (2.7 un 3.0 laktācijas).

Pētījums notika saimnieciskās darbības apstākļos, visām pētījuma grupas govīm nodrošinot vienādu turēšanas un ēdināšanas tehnoloģiju. Govju ēdināšanai izmantoja saimniecībā pašražotu lopbarību, spēkbarību normēja atkarībā no govju produktivitātes. Dzeramo ūdeni govīs uzņēma brīvi, no automātiskajām dzirdnēm.

Ganību periodā abos pētījuma gados govju barības deva sastāvēja no kultivēto ganību zāles, zaļbarības un spēkbarības, kuras daudzums bija 150 g uz katru ražotā piena kilogramu. Pēc rīta slaukšanas, ap plkst. 6.00, govīs devās ganībās, kur tās uzturējās līdz pēcpusdienas slaukšanai, plkst. 16.00, ganībās uzņemot 40–60 kg zāles.

Lopbarības paraugi no izbarotajiem barības līdzekļiem katrā pētījuma periodā ņemti vienu reizi un attiecināti uz visu pētījuma periodu. Lopbarības paraugi ķīmiski analizēti LLU Agronomisko analīžu zinātniskajā laboratorijā. Kopproteīna satura noteikšanai izmantota Kjeldāla metode saskaņā ar standarta „ISO 5983-1997” prasībām. Kokšķiedras frakciju (NDF, ADF) satura analīzei un barības enerģētiskās vērtības aprēķinam izmantota Van Soesta barības līdzekļu analīžu metode (*Forage Analyses method*, 4.1; 5.1; 5.2).

Pētījuma periodos govīm nepieciešamā barības vajadzība noteikta pēc sausnas, kopproteīna, NDF un enerģētiskās vērtības NEL daudzuma, ņemot vērā govju dzīvmasu (550 kg) un vidējo produktivitāti pētījuma periodā (Osītis, 1998).

Izmēģinājumi tika uzsākti ganību periodā, kārtējā govju pienapārraudzības dienā fiksējot pētījuma grupas govju iegūto piena daudzumu un sagatavojot piena paraugus. Kurzemes mākslīgās apsēkšanas stacijas akreditētā piena kvalitātes kontroles laboratorijā ar „Milko-Skan 133B” saskaņā ar standarta „ISO 9622 : 1999” prasībām piena paraugiem tika noteikts tauku, olbaltumvielu un laktozes saturs (%).

Datu matemātiskā apstrāde veikta, izmantojot aprakstošo statistiku. Piena produktivitātes pazīmju mainības raksturošanai tika aprēķināta standartnovirzes attiecība pret aritmētisko vidējo vērtību, kas izteikta procentos, jeb variācijas koeficienti (Cv). Variācijas koeficientu salīdzināšanai izmantots Z tests.

Atkārtotamības koeficients (r_w) aprēķināts, lai noskaidrotu, cik cieša sakarība ir starp atkārtotiem mērījumiem īsā laika periodā. Abos pētījuma gados

atkārtotamības koeficients noteikts kā iekšklasas (*intra*class) korelācijas koeficients (Falconer, Mackay, 1996):

$$r_w = \frac{\sigma^2_b}{\sigma^2_b + \sigma^2_e}, \quad (1)$$

kur r_w – atkārtotamības koeficients;
 σ^2_b – starpgrupu dispersija (starp govīm);
 σ^2_e – iekšgrupu dispersija (vienas govīs ietvaros).

Dispersija starp govīm aprēķināta, izmantojot dispersijas analīzē iegūtos vidējos kvadrātus:

$$\sigma^2_b = \frac{MS^2_b - MS^2_e}{N}, \quad (2)$$

kur MS^2_b – kvadrātu summa starp govīm (starpgrupu);
 MS^2_e – kļūdas kvadrātu summa (iekšgrupu);
 N – pētījuma dienu skaits;
 $\sigma^2_e = MS^2_e$.

Lai noskaidrotu faktoros, kuri būtiski ietekmēja piena produktivitātes pazīmju izmaiņas, izmantots daudzfaktoru lineārais modelis GLM (*General linear model*). Modelis, kurā iekļauti fiksētie faktori, attiecas uz i-to dzīvnieku j-tajā fiksēto faktoru klasē (Falconer, Mackay, 1996):

$$y_{ijklmnop} = \mu + \alpha_i + L_j + LF_k + IG_l + LFG_m + SE_n + G_o + PS_p + TM_r + e_{ijklmnop}, \quad (3)$$

kur $y_{ijklmnop}$ – i-tā dzīvnieka pazīmes fenotipiskā vērtība;

μ – ģenerālkopas vidējā vērtība;

α_i – randomais dzīvnieka ģenētiskais efekts ($i = 1-74$ un $i = 1-66$);

$e_{ijklmnop}$ – atlikuma ietekmes faktori (1. tabula).

Modelī iekļauto faktoru ticamība noteikta pie būtiskuma līmeņa $\alpha = 0.05$; 0.01; 0.001. Faktoru ietekme novērtēta kā būtiska, ja $p \leq \alpha$. Noteikta determinācijas koeficienta (R^2) vērtība, kas rāda, par cik procentiem izvēlētais modelis izskaidro pētītās pazīmes izkliedi.

Datu matemātiskā apstrāde veikta ar „MS Excel” un „SPSS 11.0” programmu paketi (Backhaus et al., 2000).

Rezultāti un diskusija

Izmēģinājuma laikā, ik dienas nosakot govju izslaukumu un analizējot piena paraugus, tika noskaidrota pētījuma grupas govju vidējā piena

1. tabula / Table 1

Modelī iekļautie kvalitatīvie faktori ganību periodā
Qualitative factors in pasture period included in the model

Modelī iekļautie faktori / Factors included in the model	Apzīmējums / Symbol	Faktora gradāciju klases / Gradation classes of the factor
Laktācija / Lactation	L_j	$j = 1-3$
Laktācijas fāze / Lactation phase	LF_k	$k = 1-3$
Izslaukuma grupa / Milk yield group	IG_l	$l = 1-3$
Laktācijas, laktācijas fāzes un izslaukuma grupas mijiedarbība / Interaction between lactation, lactation phase and milk yield group	LFG_m	$m_1 = 1-16$ $m_2 = 1-14$
Meklēšanās / Heating time	SE_n	$n = 1-3$
Ganības / Pasture	G_o	$o = 1-3$
Piebarošana / Supplementary rough forage	PS_p	$p_1 = 1-7$ $p_2 = 1-5$
Gaisa temperatūra un relatīvais gaisa mitrums / Air temperature and humidity	TM_r	$r_1 = 1-9$ $r_2 = 1-8$

m_1, p_1, r_1 – faktora gradācijas klašu skaits 2001. gadā / gradation classes of the factor in the year 2001

m_2, p_2, r_2 – faktora gradācijas klašu skaits 2002. gadā / gradation classes of the factor in the year 2002

2. tabula / Table 2

Pētījuma grupas govju vidējā, maksimālā un minimālā piena produktivitāte pētījuma laikā
Average, maximum and minimum daily milk productivity in test periods

Pazīmes / Traits	Gads / Year	Diennakts piena produktivitāte / Daily milk productivity		
		vidējā / average	maksimālā / maximum	minimālā / minimum
Izslaukums, kg / Milk yield, kg	2001	16.48±0.083 ^a	17.3±0.41	15.5±0.48
	2002	17.69±0.084 ^a	18.6±0.48	16.8±0.44
Tauku saturs, % / Fat content, %	2001	4.23±0.012	4.39±0.07	3.90±0.07
	2002	4.17±0.018	4.58±0.08	3.78±0.07
Olbaltumvielu saturs, % / Protein content, %	2001	3.32±0.006	3.45±0.03	3.20±0.03
	2002	3.28±0.031	3.38±0.04	3.04±0.03
Laktozes saturs, % / Lactose content, %	2001	4.93±0.005 ^a	5.12±0.02	4.70±0.02
	2002	4.80±0.005 ^a	4.86±0.04	4.75±0.02

^a – vidējām piena produktivitātes pazīmēm ar vienādiem augšrakstiem ir statistiski ticama atšķirība

abos pētījuma gados ($p < 0.05$) / milk productivity traits marked with identical letter, differ significantly between the years of the research ($p < 0.05$)

produktivitāte pētījuma laikā un pētījuma dienas, kurās bija minimālā un maksimālā piena produktivitāte (2. tabula).

Govju vidējais izslaukums diennaktī pirmā pētījuma gada izmēģinājuma 30 dienās bija 16.5 kg, bet nākamā gada pētījuma laikā tas būtiski paaugstinājās un sasniedza 17.7 kg. Ganību periodā abos pētījuma gados bija dienas, kad pētījuma grupas govju diennakts vidējais izslaukums nozīmīgi

samazinājās (18. un 26. diena) vai palielinājās (24. un 25. diena). Abos pētījuma gados starpība starp maksimālo un minimālo izslaukumu ganību periodā bija 1.8 kg ($p < 0.05$).

Ganību perioda pētījuma dienās mainījās arī piena sastāvs. Pētījuma grupas govju vidējais piena tauku saturs abos gados būtiski neatšķīrās (4.23 un 4.17%). Pētījuma otrajā gadā starpība starp augstāko tauku saturu (4.58%), kuru pētījuma grupas govīm novēroja

minimālā izslaukuma dienā (26.), un 2. dienā novēroto zemāko tauku saturu (3.78%) bija būtiska (0.80% vienības, $p < 0.05$). Pirmajā pētījuma gadā šī starpība bija 0.49% vienības.

Pētījuma laikā vidējais olbaltumvielu saturs abos gados ganību periodā atšķīrās nenozīmīgi (3.32 un 3.28%), bet statistiski ticama atšķirība bija starp otrajā pētījuma gadā novēroto pētījuma grupas diennakts maksimālo un minimālo olbaltumvielu saturu (3.38 un 3.04%, $p < 0.05$).

Veicot laktozes satura analīzi ganību periodā, jāsecina, ka pirmajā pētījuma gadā vidējais laktozes saturs bija augstāks (4.93%) nekā otrajā gadā (4.80%) un nozīmīgi atšķīrās starp pētījuma dienām (5.12 un 4.70%, $p < 0.05$).

Ganību periodā abos pētījuma gados govju pamatbarība bija kultivēto ganību zāle. Pirmajā pētījuma gadā govīs ganībās apēda 50 līdz 60 kg zāles, bet otrajā gadā – 40 līdz 50 kg zāles, jo sakarā ar karsto un sauso laiku zālaugu attīstībai otrajā gadā bija nelabvēlīgi apstākļi. Piebarošanai izmantotie barības līdzekļi abos pētījuma gados un arī pētījuma dienās atšķīrās. Pirmajā pētījuma gadā 5 dienas govīs piebaroja ar vēlā veģetācijas fāzē pļautu stiebrzāļu zaļmasu, 13 dienas – ar lucernas atālu, 10 dienas – ar vīķu-auzu zaļmasu, bet divas dienas – ar āboliņa-stiebrzāļu sienu. Pirmajā gadā 18 pētījuma dienas govīs saņēma arī saimniecībā gatavotu miežu un auzu miltu spēkbarību.

Otrajā gadā pētījuma laikā govju piebarošanai pēc ganībām izmantoja lucernas-timotiņa skābsienu (23 dienas) un āboliņa-stiebrzāļu sienu (7 dienas). Visas pētījuma dienas govīs saņēma arī saimniecībā ražotu spēkbarību, kura saturēja 82% miežu miltu, 13% rapša raušu vai zirņu miltu un 5% minerālvielu un vitamīnu maisījuma.

Summējot pirmajā pētījuma gadā izēdināto barības līdzekļu saunas, kopproteīna un enerģētiskās vērtības NEL daudzumu, pārliecinājāmies, ka

pirmā gada pētījuma dienās, kad govīs piebaroja ar lucernas atālu vai vīķu-auzu zaļmasu un spēkbarību, izēdinātie barības līdzekļi gandrīz pilnīgi nodrošināja diennakts barības vielu vajadzību. Govīs ar lopbarību saņēma vidēji 15 kg saunas ar 92–94 MJ NEL un 1.98–2.17 kg kopproteīna. Turpretī govīs pēc ganībām piebarojot tikai ar vēlā veģetācijas fāzē pļautu stiebrzāļu zaļmasu, barības deva saturēja 12–14 kg saunas ar 72–84 MJ NEL un 1.53–1.81 kg kopproteīna.

Otrajā gadā barības vielu vajadzība pilnībā tika nodrošināta, govīs piebarojot ar lucernas-timotiņa skābsienu un spēkbarību. Šajās dienās govīs ar lopbarību saņēma vidēji 16 kg saunas, 100 MJ NEL un 2.25 kg kopproteīna. Septiņas pētījuma dienas govīs piebarojot ar āboliņa-stiebrzāļu sienu un spēkbarību, barības deva nodrošināja 15 kg saunas, 92 MJ NEL un 1.94 kg kopproteīna.

Kā norāda vairāki autori, piena sastāvs ir govju sabalansētas ēdināšanas un veselības stāvokļa rādītājs (Rossow, Richardt, 2003; Osītis, 2005). Ārzemju autoru darbos ir analizēta tauku un olbaltumvielu satura attiecība ($FEQ = \text{Fett-Eiweiss Quotient}$), kuras normālā vērtība ir no 1.17 līdz 1.23. Autori norāda, ka, šai attiecībai kļūstot mazākai par 1.17, barības devā ir enerģijas un proteīna pārpalikums un rupjās barības iztrūkums. Savukārt, ja tauku un olbaltumvielu satura attiecība pārsniedz 1.23, var runāt par proteīna iztrūkumu, sliktu enerģijas izmantošanu un kokšķiedru pārbagātu barību (Gravert et al., 1991; Spohr, Wiesner, 1991; Rossow, Richardt, 2003). Turklāt autori norāda, ka, ja barības devā ir paaugstināts enerģijas daudzums, tad pienā var arī novērot paaugstinātu laktozes saturu.

Pētīto piena produktivitātes pazīmju mainības raksturošanai izvēlējāmies variācijas koeficientu (C_v), kurš tika noteikts katrai pētījuma grupas govij, lai noskaidrotu pētījuma grupas govju vidējos variācijas koeficientus (3. tabula).

3. tabula / Table 3

Piena produktivitātes pazīmju variācijas koeficienti ganību periodā
The variation coefficients of milk productivity traits in pasture period

Pazīmes / Traits	2001. gadā / in the year 2001			2002. gadā / in the year 2002			Starpība / Difference
	$C_v \pm S_{C_v}$	min	max	$C_v \pm S_{C_v}$	min	max	
Izslaukums, kg / Milk yield, kg	9.8±0.56	3.4	25.9	10.0±0.51	4.1	32.4	-0.2
Tauku saturs, % / Fat content, %	8.8±0.43	4.0	22.5	11.2±1.18	4.2	49.6	-2.4***
Olbaltumvielu saturs, % / Protein content, %	4.5±0.27	1.8	13.0	4.3±0.31	2.0	18.6	0.2
Laktozes saturs, % / Lactose content, %	3.9±0.12	2.5	7.6	2.1±0.29	0.8	17.4	1.8***

*** – $p < 0.001$

Tika noskaidrots, ka pētījuma grupas govju izslaukuma mainība ganību periodā abos gados bija līdzīga ($C_v=9.8$ un 10.0%).

No ganību periodā analizētajām piena sastāva pazīmēm tauku saturam novērota augstākā variācija pētījuma abos gados (no 8.8 līdz 11.2%). Olbaltumvielu saturs variēja 4.5% robežās, bet laktozes satura mainība bija viszemākā (no 2.1 līdz 3.9%) no pētītajām pazīmēm.

Vairāku ārzemju autoru darbos ir publicēti dati, kas liecina, ka no piena sastāva komponentiem procentuāli lielākās izsīcīgās izmaiņas vērojamas tauku saturam, jo šī pazīme vairāk par citām ir atkarīga gan no eksogēniem, gan endogēniem faktoriem (Rossow et al., 1990; Huth, 1995).

Lai noskaidrotu, cik cieša sakarība ir starp pētāmo pazīmju atkārtotiem mērījumiem vieniem un tiem pašiem dzīvniekiem, tika aprēķināts atkārtotamības koeficients. Atkārtotamības koeficienta vērtība ir ģenētisko un vides faktoru darbības summa. Zems atkārtotamības koeficients ($r_w<0.5$) liecina, ka pazīme pakļauta lielai vides faktoru ietekmei. Abos pētījuma gados atkārtotamības koeficientu noteicām kā iekšklasas (*intraclass*) korelācijas koeficientu izmantojot dispersijas analīzē iegūtos vidējos kvadrātus (Falconer, Mackay, 1996) (1. att.).

Iegūtie atkārtotamības koeficienti ganību periodā liecina, ka 2002. gada pētījuma laikā piena produktivitātes pazīmes variēja vairāk, tādēļ atkārtotamības koeficientu vērtības bija zemākas nekā 2001. gadā.

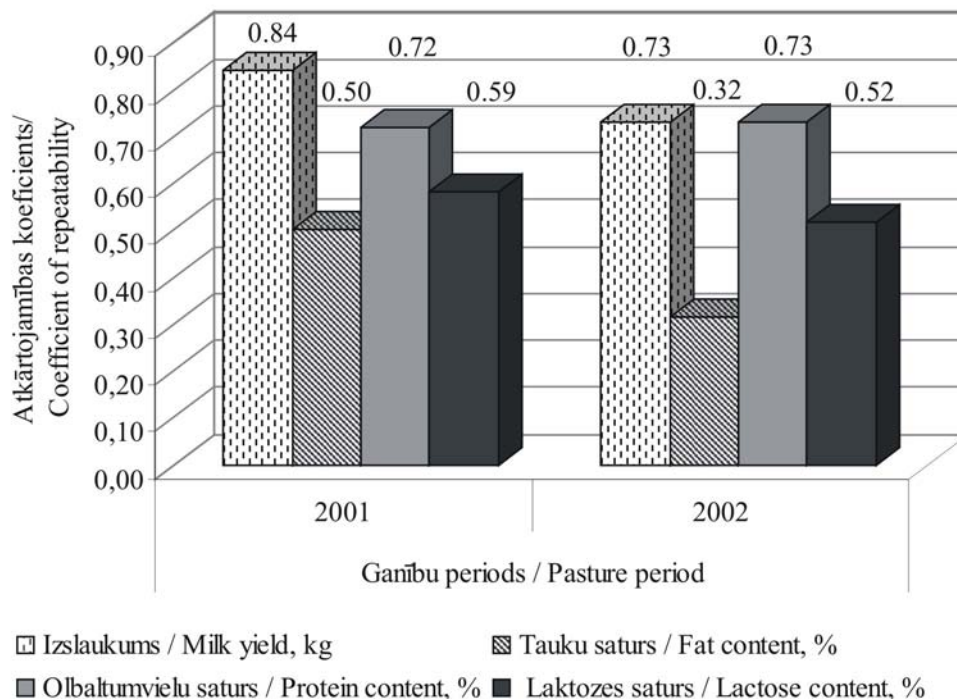
Abos pētījuma gados augstākās atkārtotamības koeficienta vērtības ieguvām izslaukumam ($r_w=0.84$ un 0.73) un olbaltumvielu saturam ($r_w=0.72$ un 0.73), bet zemākās – tauku ($r_w=0.50$ un 0.32) un laktozes saturam ($r_w=0.59$ un 0.52). Tātad pazīmes ar augstākām atkārtotamības koeficienta vērtībām ir stabilākas un tās mazāk ietekmē vides faktori.

Daudzu autoru pētījumos noskaidrots, ka govju piena produktivitāte veidojas ģenētisko, fizioloģisko un vides faktoru ietekmē (Cālītis u.c., 1977; Strautmanis, 1984; Huth, 1995 u.c.). Minēto faktoru ietekmes pētīšanai izmanto lineāros modeļus, ar kuru palīdzību iespējams noteikt katra pētītā faktora ietekmi dzīvnieka kopējā ciltsvērtībā (Henderson, 1963; Wilmink, 1987; Paura, 1999; u.c.).

Lai noskaidrotu ārējās vides faktoru ietekmi uz piena produktivitātes pazīmēm, izveidojām lineāro modeli, kurā tika iekļauti gan atsevišķi fizioloģiskie, gan vides faktori (4. tabula).

Dažādu laktāciju govīm izslaukums, olbaltumvielu un laktozes saturs ganību periodā pētījuma abos gados statistiski ticami atšķīrās ($p<0.01$; $p<0.001$), bet tauku saturs nebija būtiski atšķirīgs.

Pētījuma grupas govīs bija laktācijas dažādās fāzes ar atšķirīgu izslaukuma līmeni. Pētījuma dienās piena produktivitātes pazīmju mainība šīm govīm bija būtiski atšķirīga. Arī iepriekšminēto triju faktoru mijiedarbībā visu analizēto piena produktivitātes pazīmju mainība būtiski atšķīrās. Piena produktivitātes pazīmju statistiski ticami atšķirīgu mainību novēroja govīm, kuras pētījuma



1. att. Piena produktivitātes pazīmju atkārtotamības koeficienti.

Fig. 1. Repeatability coefficients of milk productivity traits.

Faktoru ietekme uz piena produktivitātes pazīmju mainību
The influence of researched factors on variance of milk productivity traits

Faktori / Factors	Gads / Year	Izslaukums / Milk yield, kg	Tauku saturs / Fat content, %	Olbaltumvielu saturs / Protein content, %	Laktozes saturs / Lactose content, %
		p vērtība / p value			
Laktācija / Lactation	2001	***	n. s.	***	***
	2002	**	n. s.	***	**
Laktācijas fāze / Lactation phase	2001	***	***	***	***
	2002	***	***	***	**
Izslaukuma grupa / Milk yield group	2001	***	***	***	***
	2002	***	***	***	**
L *LF *IG / L *LP *MYG	2001	***	***	***	***
	2002	***	***	***	***
Meklēšanās / Heating time	2001	*	*	**	***
	2002	**	*	***	*
Ganības / Pasture	2001	n. s.	n. s.	n. s.	***
	2002	**	n. s.	*	n. s.
Piebarošana / Supplementary rough forage	2001	***	**	***	***
	2002	*	***	***	n. s.
GT *GRM / T *H	2001	**	**	**	***
	2002	**	**	***	**
R ²	2001	0.740	0.596	0.695	0.702
	2002	0.646	0.546	0.641	0.635

* – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$; n. s. – $p > 0.05$

L – laktācijas; *LF – laktācijas fāzes; *IG – izslaukuma grupas mijiedarbība; GT – gaisa temperatūras, °C; *GRM – gaisa relatīvā mitruma, %, un GT mijiedarbība / L – lactation; *LP – lactation phase; *MYG – milk yield group interaction; T – air temperature, °C; *H – interaction between air humidity, %, and T

laikā meklējās un tika sēklotas ($p < 0.05$; $p < 0.01$; $p < 0.001$).

Nozīmīgs ārējās vides faktors, kas būtiski ietekmē govju piena produktivitāti, ir ēdināšana. Lineārajā modelī kā fiksētie ārējās vides faktori tika iekļauti ganību aploku izmantošanas ilgums (dienās), govju piebarošana pēc ganībām, kā arī gaisa temperatūras (°C) un gaisa relatīvā mitruma (%) mijiedarbība.

Tika noskaidrots, ka ganību aploku izmantošanas ilguma ietekmē pirmajā pētījuma gadā būtiski mainījās tikai laktozes saturs pienā, bet otrajā gadā – izslaukums un olbaltumvielu saturs ($p < 0.05$).

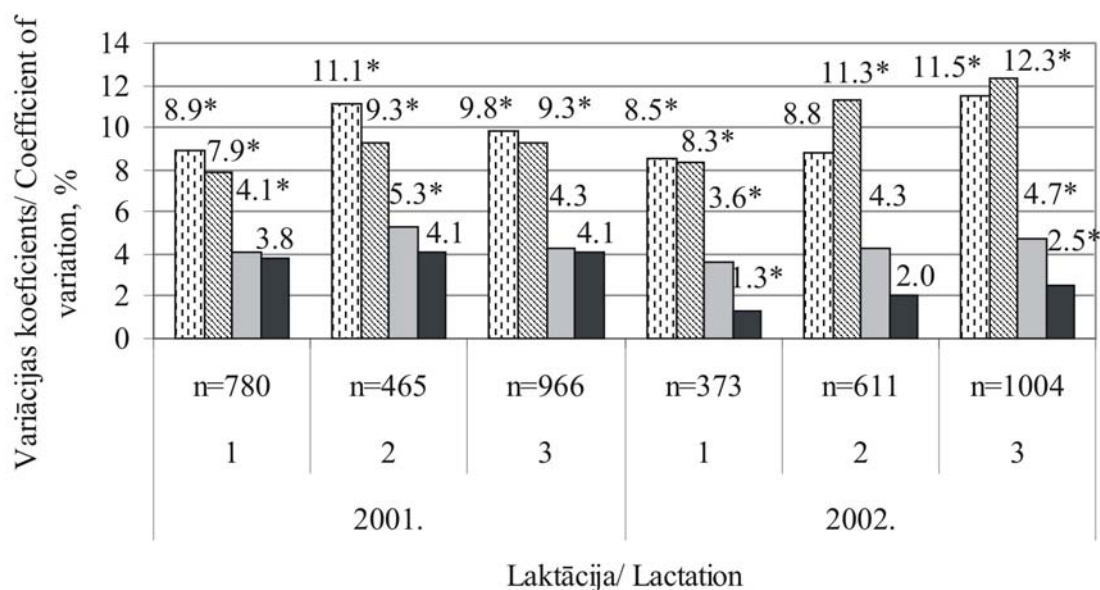
Govju piebarošana pēc ganībām un spēkbarības izēdināšanas ietekme uz pētītajām piena produktivitātes pazīmēm tika aplūkotas mijiedarbībā. Šī faktora ietekmē būtiski mainījās visas piena produktivitātes pazīmes ($p < 0.001$; $p < 0.01$; $p < 0.05$), izņemot laktozes saturu otrajā pētījuma gadā. Arī gaisa temperatūras un gaisa relatīvā mitruma izmaiņas pētījuma laikā būtiski ietekmēja visu pētīto pazīmju mainību ($p < 0.05$; $p < 0.01$; $p < 0.001$).

Izvēlētajā lineārā modeļa precizitāti raksturo determinācijas koeficients (R^2). Modelī iekļautie faktori precīzi izskaidroja piena produktivitātes pazīmju vērtību izmaiņas pētījuma laikā ($R^2 = 0.596$ līdz 0.740 pirmajā gadā un $R^2 = 0.546$ līdz 0.646 otrajā gadā).

Lai noskaidrotu, kā uz apkārtnes vides apstākļu izmaiņām reaģē dažāda fizioloģiskā stāvokļa govīs, tika analizēta piena produktivitātes pazīmju mainība pētīto faktoru gradāciju klasēs.

Pirmās laktācijas govīm abos pētījuma gados izslaukums bija stabilāks nekā vecāko laktāciju govīm (2. att.). Par to liecina būtiski zemākas variācijas koeficienta vērtības (8.9 un 8.5%, $p < 0.05$). Mūsu pētījuma rezultāti saskan ar citu zinātnieku viedokli, proti, pirmās laktācijas govīm ir stabilāka laktācija ar noturīgāku izslaukumu visā laktācijas laikā (Cjukša, 1993; Huth, 1995).

Analizējot dažādu laktāciju govju piena sastāvu, redzams, ka pirmās laktācijas govīm tauku, olbaltumvielu un laktozes satura mainība abos pētījuma gados bija nozīmīgi zemāka nekā vecāko laktāciju govīm ($p < 0.05$).



▨ Izslaukums / Milk yield, kg

▨ Tauku saturs / Fat content, %

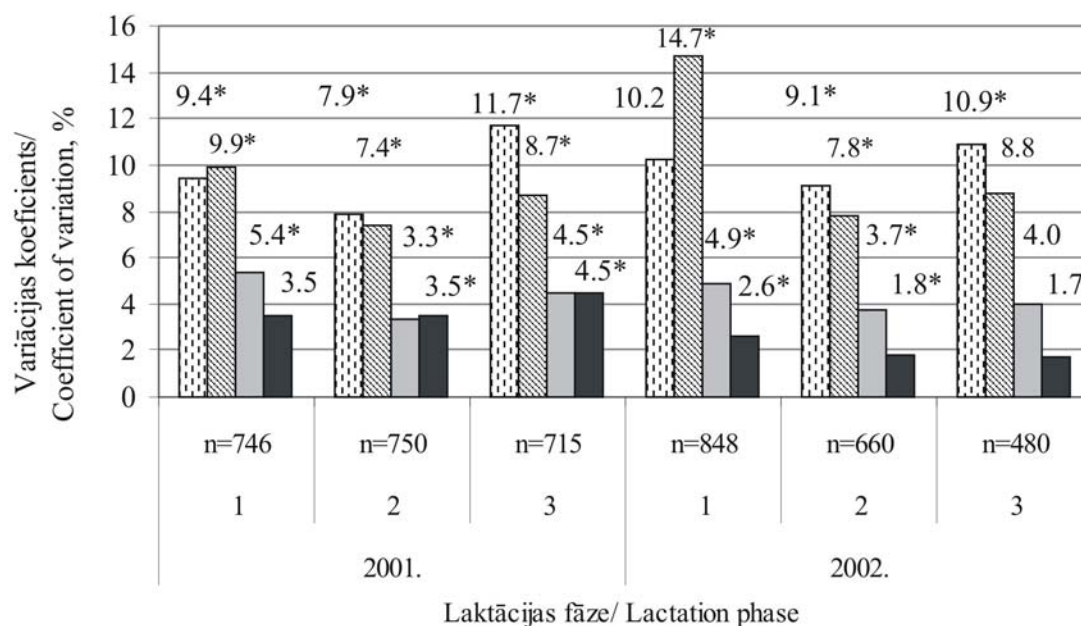
▨ Olbaltumvielu saturs / Protein content, %

▨ Laktozes saturs / Lactose content, %

* – piena produktivitātes pazīmju variācija pirmās laktācijas govīm ir būtiski mazāka nekā vecāko laktāciju govīm abos pētījuma gados / milk productivity traits variation for first lactation cows are significantly lower than for older lactation cows in both years of research ($p < 0.05$)

2. att. Piena produktivitātes pazīmju variācijas koeficientu vērtības dažādu laktāciju govīm.

Fig. 2. Milk productivity traits variation coefficient values for different lactation cows.



▨ Izslaukums / Milk yield, kg

▨ Tauku saturs / Fat content, %

▨ Olbaltumvielu saturs / Protein content, %

▨ Laktozes saturs / Lactose content, %

* – piena produktivitātes pazīmju variācija govīm laktācijas 2. fāzē ir būtiski zemāka nekā 1. un 3. fāzē / milk productivity traits variation for cows in second stage of lactation is significantly lower than for cows in first and third stages of lactation ($p < 0.05$)

3. att. Piena produktivitātes pazīmju variācijas koeficientu vērtības govīm dažādās laktācijas fāzēs.

Fig. 3. Milk productivity traits variation coefficient values for cows in different lactation stages.

Tika noskaidrots, ka govīm dažādās laktācijas fāzēs piena produktivitātes pazīmju mainība ir būtiski atšķirīga (3. att.).

Pirmās nedēļas beigās pēc govs atnešanās sākas negatīvās enerģētiskās bilances periods, kad piena veidošanās ir straujāka par govju barības saunas uzņemšanas spējām, līdz ar to netiek nodrošināta govju vajadzība pēc enerģijas (Ingvarsen, Andersen, 2000; Rossow, Richardt, 2003; Osītis, 2005).

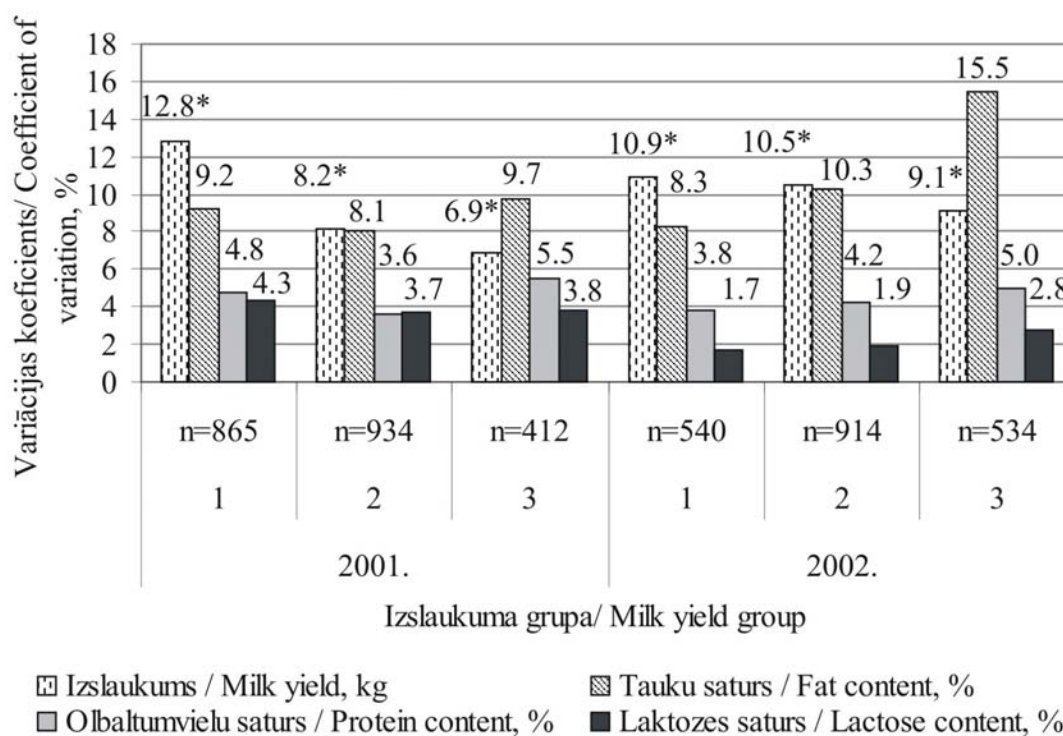
Laktācijas dinamikas pētījumos noskaidrots, ka piena daudzums un sastāvs laktācijas laikā mainās pēc noteiktām likumsakarībām. Vācu zinātnieks Huths (Huth, 1995) konstatējis, ka laktācijas sākumā (1.–4. laktācijas nedēļa) un beigās (39.–42. laktācijas nedēļa) vērojama lielākā izslaukuma un tauku satura mainība. Pēc autora pētījumiem stabilākais ir laktācijas vidus periods (19.–22. laktācijas nedēļa). Mūsu pētījuma rezultāti saskan ar Hutha datiem. Visu pētīto piena produktivitātes pazīmju mainība govīm laktācijas otrajā fāzē bija būtiski zemāka nekā govīm, kuras pētījuma laikā bija laktācijas pirmajā un trešajā fāzē ($p < 0.05$).

Augstproduktīvām govīm laktācija norit atšķirīgi no mazāk ražīgu govju laktācijas. Šīm govīm negatīvās enerģētiskās bilances periods ir garāks, tas ilgst

līdz pat trim mēnešiem. Mazāk ražīgām – apmēram divus mēnešus (Rossow, Richardt, 2003; Osītis, 2005). Pirmajās nedēļās pēc atnešanās starp dažādas produktivitātes govīm saunas uzņemšanas spējā novēro lielu variāciju (30–40%). Vēlākajā laktācijas laikā šī variācija ir tikai 6–10% (Drackley, 1999). Literatūrā minēts, ka vidējā diennakts izslaukuma mainība absolūtos skaitļos ir jo lielāka, jo lielāks izslaukums, bet relatīvās izmaiņas, izslaukumam pieaugot, samazinās (Huth, 1995).

Pētījuma grupā bija govīs ar dažādu produktivitātes līmeni (4. att.). Ganību perioda pētījuma laikā noskaidrojām, ka govīm ar augstāku izslaukuma līmeni (3. izslaukuma grupai) bija būtiski zemāka izslaukuma mainība nekā pārējām govīm (6.9 un 9.1%, $p < 0.05$).

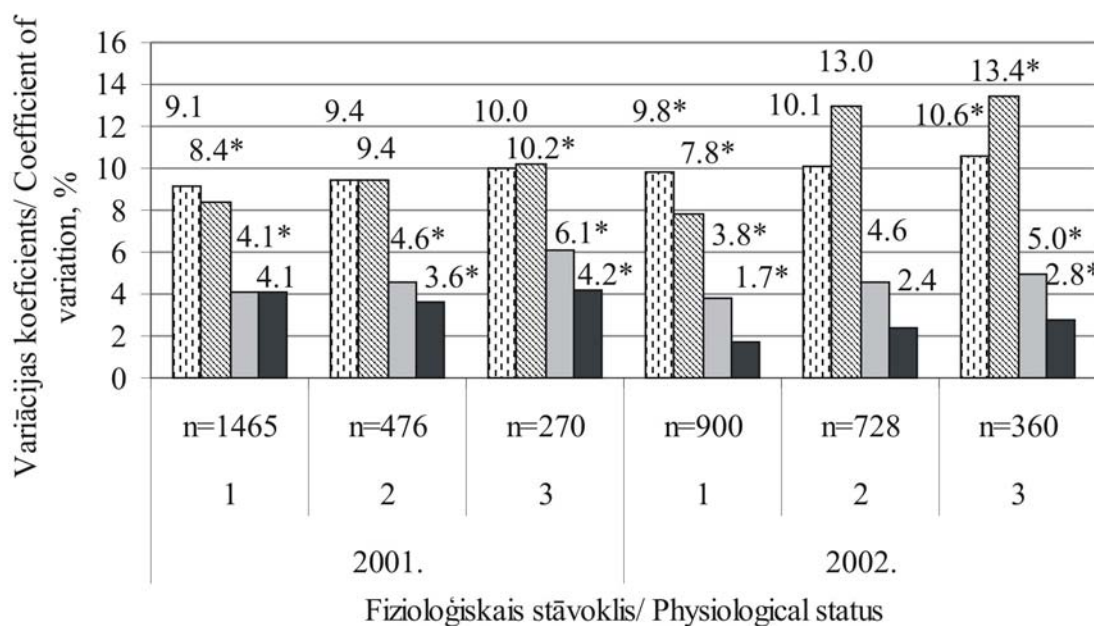
Piena sastāva pazīmju variācija dažāda izslaukuma līmeņa govīm ganību periodā bija atšķirīga. Abos gados tauku un olbaltumvielu saturam augstākās variācijas koeficienta vērtības (9.7 un 15.5%; 5.5 un 5.0%) novēroja govīm ar augstāko izslaukuma līmeni. Laktozes satura mainība dažāda izslaukuma līmeņa govīm bija no 1.7 līdz 4.3% un atbilda ārzemju autoru pētījumiem, proti, laktozes saturs atkārtotās kontrolēs izmainās vismazāk, salīdzinot ar pārējiem piena



* – izslaukuma variācija 3. izslaukuma grupas (≥ 20.0 kg) govīm ir būtiski mazāka nekā 1. (<15 kg) un 2. (15–19.99 kg) izslaukuma grupas govīm / milk yield variation for cows of third milk yield group is significantly lower than for cows of first and second milk yield groups ($p < 0.05$)

4. att. Piena produktivitātes pazīmju variācijas koeficientu vērtības dažādu diennakts izslaukuma grupu govīm.

Fig. 4. Milk productivity traits variation coefficient values for cows in different twenty-four hour milk yield groups.



5. att. Piena produktivitātes pazīmju variācijas koeficientu vērtības grūsnām, negrūsnām un pētījuma laikā sēklotām govīm.

Fig. 5. Milk productivity traits variation coefficient values for pregnant, non pregnant and for cows inseminated during the research period.

sastāva komponentiem (Syrtstad, 1977; Rook et al., 1992; Wendt et al., 1994).

Piena produktivitātes pazīmju mainību pētījuma laikā radīja arī govju meklēšanās un sēklošana (5. att.).

Apkopojot pētījuma rezultātus, noskaidrojām, ka govīm, kuras ganību perioda pētījuma laikā meklējās un tika sēklotas, bija augstākās variācijas koeficienta vērtības visām pētītajām piena produktivitātes pazīmēm, salīdzinot ar grūsnu un negrūsnu govju variācijas koeficientu vērtībām.

Arī zinātnieki Jonins un Mičulis (1999) izpētījuši, ka meklēšanās laikā piena izslaukums samazinās līdz pat 25%, bet ne visām govīm vienādi. Visbiežāk samazināts izslaukums ir govīm ar spēcīgi izteiktām ārējām meklēšanās pazīmēm. Huths (Huth, 1995) secina, ka govīm meklēšanās laikā samazinās ne tikai izslaukums, bet minimālā izslaukuma dienā, kas biežāk ir sēklošanas diena, pazemināts ir arī tauku saturs.

Ganību periodā noskaidrojot pētīto vides faktoru (ganību, piebarošanas un spēkbarības izēdināšanas, kā arī gaisa temperatūras un relatīvā gaisa mitruma) katras gradāciju klases ietekmi uz piena produktivitātes pazīmju izmaiņām, pārliecinājāmies, ka vides faktori jāanalizē mijiedarbībā, jo, pētījumam notiekot

saimnieciskās darbības apstākļos, katrā konkrētā pētījuma dienā ārējās vides apstākļi mainījās.

Kā pierādījuši daudzi autori, govju piena produktivitāte ir atkarīga no daudziem vides faktoriem, tomēr kā galvenie faktori tiek minēti govju sabalansēta ēdināšana un labturība, kas ietekmē govju veselību un atražošanas spējas (Herz et al., 1979; Fischer, 1989; Radke, Schulz, 2001; Osītis 2005). Huths (Huth, 1995) eksperimentos pierādījis, ka izslaukuma izmaiņas govīm var novērot nākamajā dienā pēc barības trūkuma.

Analizējot vides faktoru ietekmi, uzmanību pievēršām dienām, kad govju grupas diennakts vidējais izslaukums būtiski samazinājās. Pirmajā pētījuma gadā tā bija 18., bet otrajā gadā – 26. pētījuma diena.

Pirmā pētījuma gada minimālā izslaukuma dienā govīs ganījās jaunās ganībās un govju piebarošanai izmantoja smalcinātu vīķu-auzu zaļmasu, bet bez spēkbarības. Divas dienas pirms minimālā izslaukuma dienas govīs pēc ganībām piebaroja ar āboliņa-stiebrzāļu sienu, un dienu pirms minimālā izslaukuma tās nesaņēma spēkbarību. Tādēļ govīm nepieciešamais sausas daudzums tika nodrošināts par 80%, enerģijas daudzums – par 77.2%, un kopproteīna daudzums – par 75%. Šajās dienās kopproteīna daudzums barības

devas sausnā bija tikai 12.3%, un barības enerģētiskā vērtība – 5.74 MJ NEL kg sausnas. Arī maksimālā gaisa temperatūra bija augsta – 26.5 °C, relatīvais gaisa mitrums – no 70 līdz 79%.

Nākamā gada minimālā izslaukuma dienā (26.) govīs ganījās jaunās ganībās, pēc ganībām tās piebaroja ar sienu un pašražotu spēkbarību. Iepriekšējā dienā govīs ganību aplokā ganījās otro dienu pēc kārtas, piebarošanai tika izmantots skābsiens un pašražotā spēkbarība, kas saturēja rapša spraukus. Izmaiņas izslaukumā varam skaidrot ar nepilnīgi sabalansēto ēdināšanu, jo, govīs piebarojot ar āboliņa-stiebrzāļu sienu, to barības devas sausna saturēja 12.8 % kopproteīna un 6.03 MJ NEL. Barības deva nodrošināja 95% no diennakts sausnas, 90% no NEL un 90 % no kopproteīna vajadzības. Maksimālā gaisa temperatūra sasniedza 28.4 °C un gaisa mitrums bija zemāks par 60%.

Otrā pētījuma gada minimālā izslaukuma dienā izmainījās arī piena tauku saturs, tas bija būtiski augstāks ($p < 0.05$) nekā blakus esošajās dienās. Govīs piebarojot ar sienu, barības devā palielinājās kokšķiedras daudzums, kas nodrošināja labvēlīgus fermentācijas procesus spureklī. Tādēļ gaistošo taukskābju attiecībās palielinājās etiķskābes proporcija, kas labvēlīgi ietekmēja piena tauku sintēzi (Rossow, Richardt, 2003; Osītis, 2005).

Secinājumi

Piena produktivitātes pazīmes ar augstāko variācijas koeficienta vērtību bija izslaukums ($C_v = 9.8$ līdz 10.0%) un tauku saturs ($C_v = 8.8$ līdz 11.2%). Olbaltumvielu saturs variēja robežās no 4.3 līdz 4.5%. Zemākā variācija bija laktozes saturam pienā ($C_v = 2.1\%$ līdz 3.9%).

Piena produktivitātes pazīmēm augstākā atkarījamības koeficienta vērtība bija izslaukumam ($r_w = 0.73$ līdz 0.84) un olbaltumvielu saturam ($r_w = 0.72$ līdz 0.73). Mazāk stabils bija tauku un laktozes saturs, uzrādot zemākos atkarījamības koeficientus, attiecīgi $r_w = 0.32$ līdz 0.50 un $r_w = 0.52$ līdz 0.59.

Govju piena produktivitātes pazīmju mainības raksturošanai izveidotajā lineārajā modelī ieslēgtie fizioloģiskie un ārējās vides faktori izskaidro 54.6 līdz 74.0% no ganību periodā analizēto pazīmju vērtību izmaiņām.

Nozīmīgi zemākās variācijas koeficienta vērtības visām piena produktivitātes pazīmēm iegūtas pirmās laktācijas govīm. Stabīlākā govīm bija otrā laktācijas fāze, kad piena produktivitātes pazīmēm novēroja būtiski zemāko variāciju. Augstākā izslaukuma līmeņa govīm bija zemākā izslaukuma, bet augstākā tauku un olbaltumvielu satura variācija ($p < 0.05$). Govīm, kuras pētījuma laikā meklējās un tika sēklotas, bija augstākas variācijas koeficienta vērtības visām pētītajām pazīmēm.

Ārējās vides faktoru ietekmē pētījuma grupas govju izslaukuma un otrajā pētījuma gadā arī tauku satura izmaiņas starp pētījuma dienām bija statistiski nozīmīgas ($p < 0.05$).

Literatūra

1. Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R. (2000) *Multivariate Analysenmethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin: Springer, 661 S.
2. Cālītis, A., Čemms, V., Ernsts, L. (1977) *Ciltsdarba tehnoloģijas pamati piena lopkopībā*. Rīga: Zinātne, 189 lpp.
3. *Ciltsdarba normatīvie dokumenti*. (1998) 1. sējums. Latvijas Republikas Zemkopības ministrija, Rīga, 24.-39. lpp.
4. Cjukša, L. (1993) Latvijas brūnās govīs laktācijas vienmērīguma koeficienta nozīme tās turpmākā izkopšanā. *Latvijas Lauksaimnieks*, Nr. 7-8, 19.-22. lpp.
5. Drackley, J. K. (1999) Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *Journal of Dairy Sci.*, Vol. 82, pp. 2259-2273.
6. Falconer, D.S., Mackay, F.C. (1996) *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman Group Ltd, Edinburg, England, pp. 123-144.
7. Fischer, A.R. (1989) Fütterungsfehler rechtzeitig erkennen hilft Fruchtbarkeitsstörungen vorbeugen. *Milchpraxis*, 27, S. 172-172.
8. Gravert, H.O., Jensen, E., Hafezian, H., Pabst, K., Schulte-Coerne, H. (1991) Umweltbedingte und genetische Einflüsse auf den Azetongehalt der Milch. *Züchtungskunde*, 63.1, S. 42-50.
9. Henderson, C.R. (1963) *Selection index and expected genetic advance. Statistical Genetic and Plant Breeding*. Natl. Acad. Sci.- Natl. Res. Council Publ. 982, pp. 141-163.
10. Herz, J., Kräusslich, H., Meyer, J. (1979) Beziehung zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit in einer Holstein-Friesian Herde. *Zuchthygiene*, 14, S. 173-180.
11. Huth, F. W. (1995) *Die Laktation des Rindes: Analyse, Einfluss, Korrektur*. Stuttgart: Ulmer, 289 S.
12. Ingvarsen, K. L., Andersen, J. B. (2000) Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on per parturient animals. *Journal of Dairy Sci.*, Vol. 83, pp. 1573-1597.
13. Jonins, V., Mičulis, J. (1999) Dažādi piena kvalitāti ietekmējoši faktori. *Latvijas Lauksaimniecības zinātniskie pamati*. Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 7.143.-7.150. lpp.
14. Laiviņa, I. (1956) *Pētījumi par Latvijas brūniem lopiem Latvijas PSR padomju saimniecībās. Disertācija lauksaimniecības zinātņu kandidāta grāda ieguvei*. Rīga, D.-1782.

15. Osītis, U. (2005) *Dzīvnieku ēdināšana kompleksā skatījumā*. Jelgava: Ozolnieki, 320 lpp.
16. Osītis, U. (1998) *Barības līdzekļu novērtēšana atgremotāju ēdināšanā*. Jelgava: LLKC, 102 lpp.
17. Paura, L. (1999) *Latvijas apstākļiem piemērota bulļu ciltsvērtēšanas modeļa izstrādāšana. Disertācija Lauksaimniecības zinātņu doktora grāda ieguvei*. Jelgava, 105 lpp.
18. Radke, M., Schulz, A. (2001) Möglichkeiten und Reserven für eine hohe Grobfutterleistung. *Tagungsbericht zum 5. Symposium, Technologie- und Produktentwicklung*. GmbH Neuruppin, S. 110-116.
19. Rook, A. J., Fisher, W. J., Sutton, J. D. (1992) Sources of variation in yields and concentrations of milk solids in dairy cows. *Animal Prod. Sci.*, Vol. 54, pp. 169-173.
20. Rossow, N., Staufienbiel, B., Jacobi, U. (1990) Die Nutzung von Milchinhaltsstoffen für die Stoffwechselüberwachung bei Milchkühen. *Monatshefte Veterinärmedizin*, Vol. 45, S. 686-690.
21. Rossow, N., Richardt, W. (2003) Nutzung der Ergebnisse der Milchleistungsprüfung für die Fütterungs und Stoffwechselkontrolle: <http://www.portal-rind.de/portal/data/artikel68/pdf>. – Resurss apraksts 2006. g. 28. dec.
22. Spohr, M., Wiesner, H.U. (1991) Kontrolle der Herdengesundheit und Milchproduktion mit Hilfe der erweiterten Milchleistungsprüfung. *Milchpraxis*, Vol. 29, S. 231-236.
23. Strautmanis, D. (1984) *Ciltsdarbs govkopībā*. Rīga: Avots, 153 lpp.
24. Syrstad, O. (1977) Day – to day variation in milk yield, fat content and protein content. *Livest. Prod. Sci.*, Vol. 4, pp. 141-151.
25. Wendt, K., Bostedt, H., Mielke, H., Fuchs, H.W. (1994) *Euter – und Gesäugekrankheiten*. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, S. 181-225.
26. Wilmink, J.B.M. (1987) Adjustment of test – day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livest. Prod. Sci.*, Vol. 16, pp. 335-3.

Baktericīdo vielu un antivielu satura izvērtējums dažādās lauksaimniecības sistēmās turēto govju pienā

Evaluation of Antibodies Concentration in Cow's Milk from Different Agricultural Systems

Jeļena Zagorska, Inga Ciproviča, Velga Miķelsone

LLU Pārtikas Tehnoloģijas Fakultāte, e-pasts: inga.ciprovica@llu.lv

Faculty of Food Technology, LLU, e-mail: inga.ciprovica@llu.lv

Abstract. The aim of the present study was to determine and compare IgA, IgG, IgM, lactoferrin, and lysozyme concentrations in organic, transitional period (from conventional to organic agriculture), and conventional milk samples. In total, 20 conventional, 20 transitional period and 20 organic milk samples, obtained from healthy cows, were analyzed. The individual cow's milk samples were taken from farms located in different regions of Latvia: Cesis, Ogre, and Bauska. Concentrations of IgA, IgG, IgM, and lysozyme were determined by turbidimetric method. The concentration of lactoferrin was determined by immunofermentative method. Differences in the concentrations of immunoglobulins, lactoferrin, and lysozyme were determined by descriptive statistics using Microsoft Windows for SPSS software packages. The concentration of IgA in organic milk samples proved to be significantly lower than in conventional milk samples. Significant differences were not established in the concentrations of IgG and lysozyme in the milk obtained from different agricultural systems. The concentrations of IgM and lactoferrin in organic milk were significantly higher than in conventional milk. In all kinds of milk the concentrations of IgA and IgM were higher compared to the data in the literature. Organic agriculture has significant influence on cow's immunity fortification, which was demonstrated by different concentrations of lactoferrin and immunoglobulins in organic and conventional milk.

Key words: organic and conventional milk, immunoglobulins, lactoferrin, lysozyme.

Ievads

Pēdējos gados Latvijā un pasaulē ir ievērojami pieaudzis pieprasījums pēc pārtikas, kuras izejvielas tiek ražotas atbilstoši bioloģiskās lauksaimniecības nostādņām, un palielinās to patērētāju skaits, kas arvien lielāku nozīmi piešķir pārtikas kvalitātei un vēlas zināt, kā tā tiek ražota. Bioloģisko ražošanu raksturo skaidri pamatprincipi un caurredzamība attiecībā uz produktu izcelsmi, ražošanu un pārstrādi. Latvijā ir visi nepieciešamie priekšnosacījumi – lauksaimniecībai piemērota zeme, izveidoti šķirnes dzīvnieku ganāmpulki, kā arī ekoloģiskā situācija, lai ražotu kvalitatīvu lopkopības produkciju iekšējam tirgum, kā arī eksportam.

Bioloģiski ražotos produktus iegūst, saimniekojot ar bioloģiskām metodēm, samazinot antibiotiku un medikamentu pielietojumu dzīvnieku ārstēšanā, ķīmiskos pesticīdus un minerālmēslus augsnes mēslošanai un nezāļu apkarošanai, dzīvnieku ēdināšanai lietojot pēc bioloģiskās lauksaimniecības principiem sagatavotu barību. Saimniekojot bioloģiskajā lauksaimniecības sistēmā, galvenais priekšnoteikums ir nepiesārņota augsne, kas ir dabiska un dzīva vienība ar daudzveidīgu floru un faunu. Vides piesārņojuma samazināšanu panāk, ierobežojot mājlopu skaitu un kūsmēslu daudzumu uz zemes platības vienību. Dabas daudzveidības saglabāšanai bioloģiskajā lauksaimniecībā iesaka

audzēt vietējo šķirņu kultūraugus un mājdzīvniekus, jo tie ir piemēroti vietējam mikroklimatam (Kreišmane u.c., 2004). Šāds pasākumu kopums ir vērsts uz govju organisma stiprināšanu, tai skaitā var sekmēt baktericīdo vielu un antivielu satura palielinājumu pienā. Pie piena baktericīdām vielām pieder lizocīms, laktoperoksidāzes-ūdeņraža peroksīdatiocināta komplekss un laktoferīns, pie antivielām – imunoglobulīni (IgA, IgG, IgM) u.c.

Imunoglobulīnu saturs pienā variē atkarībā no govju šķirnes, vecuma, veselības stāvokļa un laktācijas perioda (Butler, 1986, 1994; Larson, 1992; Korhonen et al., 2000). Jaunpienā tie veido līdz 90% no sūkalu olbaltumvielām. No piena ir izdalītas visas trīs galvenās imunoglobulīnu klases: IgG, IgA un IgM (Korhonen et al., 2000; Marnila, Korhonen, 2002). Visizteiktākās imunofunkcijas piemīt IgA, ar kuru ir bagāts mātes piens (Горбатова, 1997).

Laktoferīns ir dzelzi saturoša olbaltumviela, kas pēc savām īpašībām ir līdzīga asins transferīnam (Dionysius, Milne, 1997; Farrell et al., 2004). Tam piemīt transporta funkcija – laktoferīns saista un pārnēs dzelzs jonus jaundzimušo organismā. Govju pienā laktoferīna saturs ir neliels – Gorbatova (Горбатова, 1997) savos darbos min šādus skaitļus: 0.1–0.35 mg ml⁻¹. Savukārt Dionysius un Milne (1997): 0.09 mg ml⁻¹. Dionysius uzskata, ka laktoferīna saturs ar mastītu slimu govju pienā palielinās līdz 1.2 mg ml⁻¹,

un tikpat lielu laktoferīna koncentrāciju var novērot arī laktācijas beigu posmā. Jaunpienā tā saturs ir 1–6 mg ml⁻¹ (Горбатова, 1997).

Laktoferīnam ir antimikrobiālas un antioksidanta īpašības, turklāt tas palielina dzelzs līmeni asinīs, stimulē imūnsistēmu, modulē resnās zarnas mikrofloru, un tam piemīt arī pretiekaisuma un antikancerogēnas īpašības (Dairy processing, 2003). Aplūkojot iepriekšminētās funkcijas, var secināt, ka laktoferīnam ir svarīga loma organisma aizsargsistēmas veidošanā.

Lizocīms ir enzīms, kas grauj baktēriju šūnas sienas pamatelementu – peptidoglikāna jeb mureīna slāni, šķeļot saiti starp N-acetilglikozamīnu un N-acetilmurāmskābi (Walstra et al., 1999). Tā kā grampozitīvām baktērijām ir raksturīgs biezs mureīna slānis, lizocīms ir aktīvs pret šo grupu. Efekts uz gramnegatīvām baktērijām ir mazāks. Piena lizocīms piedalās nelabvēlīgas mikrofloras iznīcināšanā jaundzimušo mutes dobumā un kuņģī. Lizocīma saturs ir robežās no 3 mg l⁻¹ govju pienā līdz 790 mg l⁻¹ ķēves pienā (Farkey, 2002).

Tā kā baktericīdo vielu un antivielu saturs pienā raksturo govju organisma imunitāti un varētu pozitīvi ietekmēt piena patērētāju, darba mērķis bija noteikt un salīdzināt IgA, IgG, IgM, laktoferīna un lizocīma saturu bioloģiskajā un konvencionālajā lauksaimniecībā iegūtā pienā.

Materiāli un metodes

Pētījuma objekts – piens, kas iegūts bioloģiskajās, konvencionālajās un pārejas perioda saimniecībās (no konvencionālās uz bioloģisko lauksaimniecību). Kopumā tika analizēti 60 pienu paraugi: 20 bioloģiskajā, 20 konvencionālajā un 20 pārejas periodā iegūtie pienu paraugi. Pētījumā analizētie pienu paraugi iegūti no veselām govīm (somatisko šūnu skaits nepārsniedz 400 000 ml⁻¹). Piena paraugu ņemšanas un analizēšanas shēma izvēlēta tā, lai izslēgtu iespēju analizēt laktācijas sākuma un beigu posmā iegūto pienu. Piena paraugi ņemti no līdzīga vecuma Latvijas brūnās un Holšteinas šķirnes govīm, kā arī no Latvijas brūnās un Holšteinas govju šķirņu krustojumiem. Bioloģiskajās un pārejas perioda saimniecībās, kur ņemti pienu paraugi, praktizēta dzīvnieku nepiesieta turēšana, konvencionālajās saimniecībās – piesieta turēšana. Individuālie pienu paraugi ņemti saimniecībās, kuras atrodas dažādos Latvijas reģionos: Cēsu, Ogres un Bauskas.

Imunoglobulīnu saturs pienā noteikts ar turbidimetriskās metodes palīdzību izmantojot firmas „НПО Синтэко” reaģentu komplektu. Tas ir paredzēts imunoglobulīnu saturs noteikšanai asins serumā un pielāgots imunoglobulīnu saturs noteikšanai pienā.

Laktoferīna saturs noteikts ar imunofermentatīvo metodi, izmantojot „Лактоферрин – ИФА – БЕСТ”

reaģentu komplektu. Tas ir paredzēts laktoferīna saturs noteikšanai asins serumā un pielāgots laktoferīna saturs noteikšanai pienā.

Lizocīma saturs noteikts ar turbidimetriskās metodes palīdzību pēc Granta (Грант и др., 1973) metodes. Metodes pamatā ir lizocīma spēja lizēt mikroorganismu šūnapvalkus.

Piena elektrovadītspēja noteikta ar “Milk checker N 4L” iekārtas palīdzību, lai izslēgtu ar mastītu slimu govju piena paraugu analīzi.

Datu apstrādei lietota aprakstošā statistika, izmantojot SPSS programmu paketi SPSS 11.0.

Rezultāti

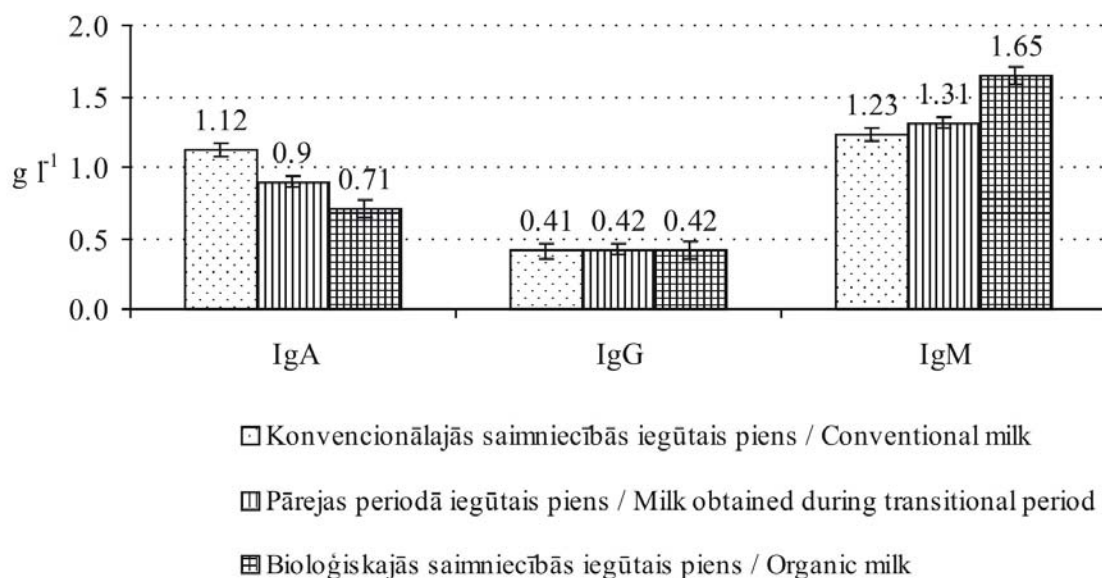
Imunoglobulīnu saturu pienā ietekmē dažādi faktori. Vidējais IgA, IgG un IgM saturs piena paraugos, kas iegūti atšķirīgās lauksaimniecības sistēmās, ir parādīts 1. attēlā.

IgA saturs piena paraugos svārstījās plašās robežās un būtiski ($p < 0.05$) atšķīrās dažādu lauksaimniecības sistēmu turēto govju pienā. Lielākais IgA saturs tika konstatēts konvencionālajās saimniecībās esošo govju pienā, proti, 1.12 ± 0.01 g l⁻¹. Vislielākām svārstībām tika pakļauts IgA saturs to govju pienā, kas bija turētas pārejas perioda saimniecībās.

Pielietojot dispersijas analīzi, tika konstatētas būtiskas atšķirības ($p < 0.05$) starp IgA saturu govju pienā, kas turētas bioloģiskajās un konvencionālajās saimniecībās. Savukārt starp bioloģiskajā un pārejas periodā, kā arī starp konvencionālajā un pārejas periodā iegūtajiem pienu paraugiem atšķirības netika konstatētas.

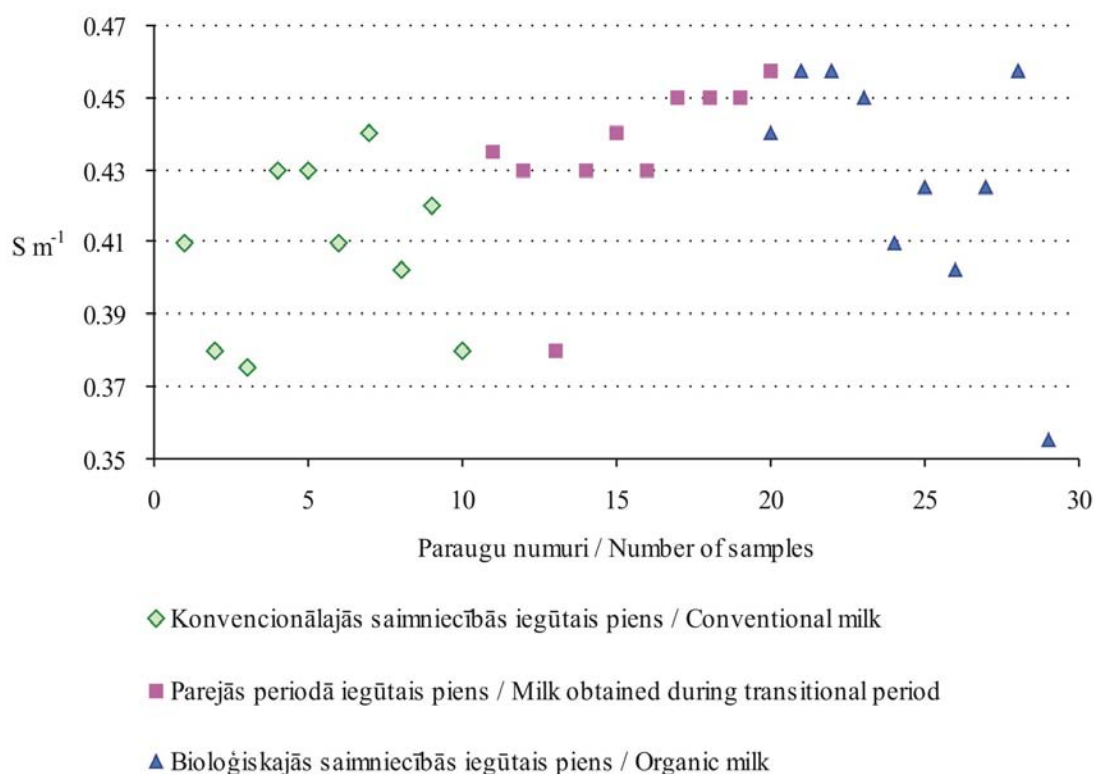
Jāatzīmē, ka bioloģiskajās saimniecībās iegūtā piena vidējais IgA saturs bija 0.71 g l⁻¹, kas ir 5.5 reizes lielāks, salīdzinot ar literatūras datiem (0.13 g l⁻¹) (McFadden et al., 1997). Pārejas periodā un konvencionālajās saimniecībās iegūtajos pienu paraugos vidējais IgA saturs bija lielāks, attiecīgi 6.9 un 8.6 reizes. Palielināts imunoglobulīnu saturs var liecināt par mastīta problēmām. Ar mastītu slimu govju pienā IgA saturs var sasniegt pat 600% no IgA satura veselu govju pienā (Korhonen, Kaartinen, 1995). Jāuzsver, ka pētījumos analizēto govju piens tika iegūts no veselām dzīvniekiem, ko papildus apstiprina piena elektrovadītspējas rādītāji (skat. 2. att.). Pienā elektrovadītspēja svārstās robežās no 30×10^{-2} līdz 60×10^{-2} S m⁻¹. Veselu govju pienā tā ir līdz 46×10^{-2} S m⁻¹, bet ar mastītu slimu govju pienā novēro palielinātu piena elektrovadītspēju (Горбатова, 1997). Darbā analizēto pienu paraugu elektrovadītspēja svārstījās robežās no 35 līdz 46×10^{-2} S m⁻¹, kas liecina, ka govīs bija veselas.

Salīdzinot vidējo IgG saturu dažādās lauksaimniecības sistēmās turēto govju pienā, būtiskas atšķirības netika konstatētas ($p > 0.05$). IgG saturs analizētajos pienu paraugos atbilst literatūrā



1. att. Imunoglobulīnu saturs dažādās lauksaimniecības sistēmās turēto govju pienā.

Fig. 1. The concentration of immunoglobulins in cow milk obtained in different agricultural systems.



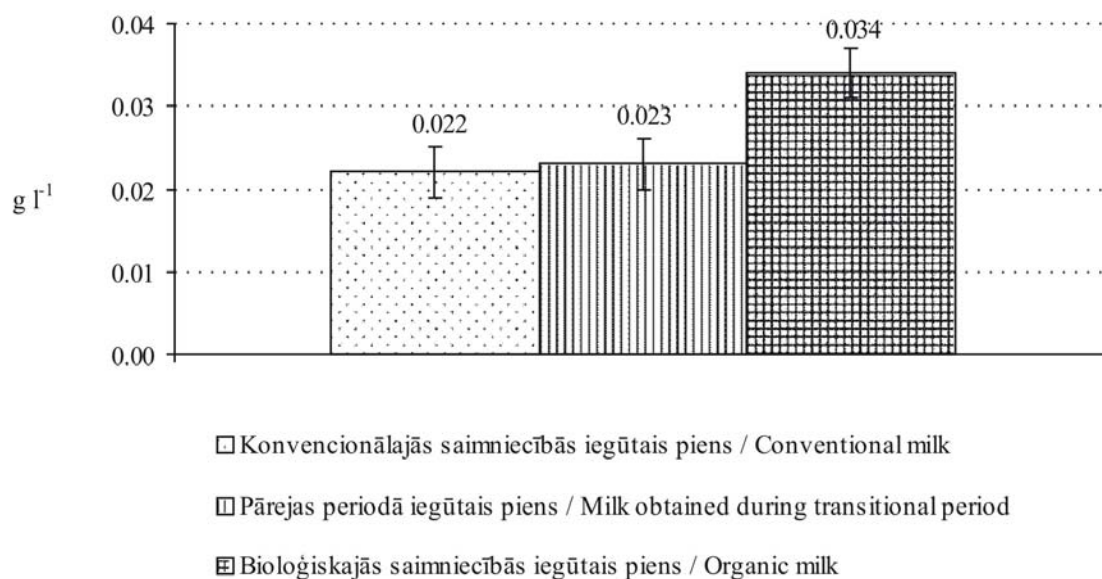
2. att. Analizēto piena paraugu elektrovadītspēja.

Fig. 2. Electrical conductivity of analyzed milk samples.

norādītajiem datiem: 0.15–0.80 g l⁻¹ (Marnila, Korhonen, 2002). Savukārt IgG saturs atsevišķos piena paraugos, kas iegūti pārejas periodā un bioloģiskajās saimniecībās, pārsniedza iepriekšminēto robežu. Vislielākās svārstības IgG saturā novēroja piena paraugiem, kas iegūti no govīm pārejas periodā no

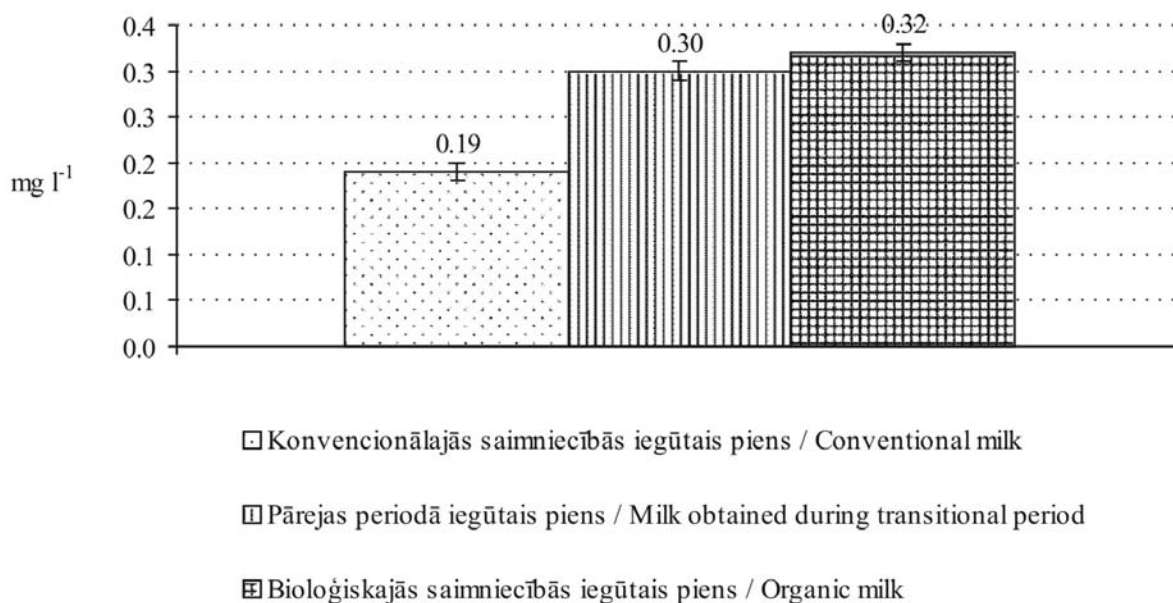
konvencionālās uz bioloģisko lauksaimniecību, – tā saturs svārstījās no 0.06 līdz 1.73 g l⁻¹.

IgM saturs piena paraugos būtiski atšķīrās ($p > 0.10$) un bija lielāks par literatūrā minēto: 0.04–1.00 g l⁻¹ (Marnila, Korhonen, 2002). Svarīgi atzīmēt, ka bioloģiskajās saimniecībās turēto govju



3. att. Laktoferīna saturs dažādās lauksaimniecības sistēmās turēto govju pienā.

Fig. 3. The concentration of lactoferrin in cow's milk obtained in different agricultural systems.



4. att. Lizocīma saturs dažādās lauksaimniecības sistēmās turēto govju pienā.

Fig. 4. The concentration of lysozyme in cow's milk obtained in different agricultural systems.

pienā IgM saturs (1.65 ± 0.07) ir būtiski lielāks nekā konvencionālajā saimniecībā iegūtā pienā (1.23 ± 0.14).

Laktoferīns pienā atrodas vienmēr, tā koncentrācija būtiski palielinās dzīvniekiem ar mazāku piena izslaukumu vai ar tesmeņa iekaisumu (Schanbacher et al., 1993; Kociņa u.c., 2005). Vidējais laktoferīna saturs analizētajos piena paraugos ir parādīts 3. attēlā.

Laktoferīna saturs būtiski atšķiras ($p < 0.05$) dažādās lauksaimniecības sistēmās turēto govju piena

paraugos. Bioloģiskajā saimniecībā turēto govju pienā laktoferīna saturs (0.034 ± 0.001 g l⁻¹) bija 1.5 reizes lielāks nekā konvencionālajā saimniecībā turēto govju pienā (0.022 ± 0.001 g l⁻¹). Neatkarīgi no praktizētās lauksaimniecības sistēmas laktoferīna saturs iekļāvās literatūrā dotajās robežās – 0.02–0.35 g l⁻¹ (Dairy processing, 2003). Laktoferīns inhibē baktērijas, kuru vairošanai un eksistencei ir nepieciešamas augstas dzelzs jonu koncentrācijas – koliformas un citas. Ievērojamā laktoferīna

koncentrācija bioloģiskajās saimniecībās iegūtā pienā norāda uz potenciālā antimikrobiālā aģenta lomu izejvielā.

Iegūtie dati par vidējo lizocīma saturu piena paraugos ir doti 4. attēlā. Lizocīma saturs bioloģiskajās saimniecībās iegūtā pienā, salīdzinot ar konvencionālajās saimniecībās iegūto, ir lielāks, tomēr statistiski būtiskas atšķirības netika konstatētas ($p > 0.05$). Vidējais lizocīma saturs piena paraugos, kas iegūti atšķirīgās lauksaimniecības sistēmās, iekļāvās literatūrā dotajās robežās. Lizocīma saturs ir nozīmīgs piena kvalitātes rādītājs, kas ietekmē piena uzglabāšanas ilgumu un piena pārstrādes procesus. Lizocīms ir samērā termostabils, 75% no lizocīma aktivitātes saglabājas, karsējot pienu 75 °C 15 min. vai 80 °C 15 s (Farkey, 2002). Tas nozīmē, ka arī termiski apstrādātā pienā šī enzīma koncentrācija ir pietiekama, lai ierobežotu mikroorganismu attīstību un veicinātu produkta kvalitātes saglabāšanos. Iegūtie pētījumu rezultāti parādīja, ka bioloģiskajās saimniecībās iegūtā pienā ir ievērojams lizocīma saturs, kas kā antimikrobiāla viela zināmu laiku spēj nodrošināt piena kvalitātes saglabāšanos.

Mainoties lauksaimniecības sistēmai no konvencionālās uz bioloģisko, mainās dzīvnieka turēšanas apstākļi: govys jebkurā laikā var tikt klāt barībai un ūdenim, tiek praktizēta brīvā turēšana. Gan bioloģiskajā, gan konvencionālajā lauksaimniecībā praktizē dzīvnieku imunitātes celšanu, atšķirīgas ir tikai pielietotās metodes, ar kuru palīdzību lauksaimnieki to mēģina panākt. Konvencionālajā lauksaimniecībā praktizē dzīvnieku vakcinēšanu pret dažāda veida slimībām, savukārt bioloģiskajā lauksaimniecībā cenšas palielināt dzīvnieku nespecifisko imunitāti ar dabiskiem paņēmieniem. Tā rezultātā atšķiras arī baktericīdo vielu un antivielu saturs analizēto govys piena paraugos, kas turētas dažādās lauksaimniecības sistēmās.

Antivielu un baktericīdo vielu saturu pienā nevar novērtēt par zemu. Tās aizsargā ne tikai jaundzimušā organismu, bet kļūst saistošas arī piena produktu lietotājiem, ceļot organisma rezistenci pret infekcijām. No šī viedokļa raugoties, bioloģiskajā lauksaimniecībā turēto govju piena rezultāti jāvērtē tikai pozitīvi, jo tie pierāda, ka dzīvnieki paši cenšas pielāgoties ārējai videi.

Secinājumi

1. IgA saturs (0.710 ± 0.005 g l⁻¹) bioloģiskajās saimniecībās iegūtā pienā bija būtiski mazāks, savukārt IgM saturs (1.65 ± 0.07) bija būtiski lielāks nekā konvencionālajās saimniecībās iegūtā pienā.
2. Laktoferīna saturs (0.032 ± 0.001 g l⁻¹) bioloģiskajās saimniecībās iegūtā pienā

bija būtiski lielāks nekā konvencionālajās saimniecībās iegūtā pienā.

3. Datu statistiskās apstrādes rezultāti neuzrāda būtiskas atšķirības lizocīma saturā konvencionālajās un bioloģiskajās saimniecībās iegūtā govju pienā, tomēr šeit iezīmējas tendence, ka lizocīma saturs pienā palielinās šādā secībā: konvencionālā → pārejas perioda → bioloģiskā saimniecībā.
4. Bioloģiskā lauksaimniecības sistēma veicina govys organisma pašregulācijas procesus, kas pierādās atšķirīgā laktoferīna un imunoglobulīnu saturā bioloģiskajās un konvencionālajās saimniecībās iegūtā pienā.

Literatūra

1. Butler, J.E. (1986) Biochemistry and biology of ruminant immunoglobulins. *Progress in Veterinary Microbiology and Immunology*, 2, pp. 1-53.
2. Butler, J.E. (1994) Passive immunity and immunoglobulin diversity. In: *Indigenous Antimicrobial Agents of Milk – Recent Developments*. IDF Special Issue 9404, 4, pp. 14-50.
3. *Dairy processing*. (2003) Smit Gerrit (ed.). CRC Press, England, 532 pp.
4. Dionysius, D.A., Milne, J.M. (1997) Antibacterial Peptides of Bovine Lactoferrin: Purification and Characterization. *Journal of Dairy Science*, Vol. 80, 4, pp. 667-674.
5. Farkey, N.Y. (2002) Other Enzymes. In: *Encyclopedia of Dairy Science*, Vol. 3. Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (eds) Academic Press, Amsterdam, pp. 946-947.
6. Farrell, H.M., Jimenez-Flores, Jr.R., Bleck, G.T., Brown, E.M., Butler, J.E., Creamer, L.K., Hicks, C.L., Hollar, C.M., Ng-Kwai-Hang, K.F., Swaisgood, H.E. (2004) Nomenclature of the Proteins of Cows' Milk – Sixth Revision. *Journal of Dairy Science*, Vol. 84, 6, pp. 1641-1674.
7. Kociņa, I., Antāne, V., Lūsis, I. (2005) Immunoglobulins and Lactoferrin Concentration in Milk and Bacteria Causing Subclinical Mastitis in Dairy Cows. *Proceedings of the International Scientific Conference „Research for Rural Development 2005”*. LLU, Latvia, pp. 217-220.
8. Korhonen, H., Kaartinen, L. (1995) Changes in the composition of milk induced by mastitis. *The bovine udder and mastitis*. University of Helsinki, Helsinki, pp. 76-82.
9. Korhonen, H., Marnila, P., Gill, H.S. (2000) Milk immunoglobulins and complement factors. *British Journal of Nutrition*, Vol. 84, 1, pp. 75-80.

10. Korhonen, H., Marnila, P. (2002) Lactoferrin. In: *Encyclopedia of Dairy Science*. Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (eds), Academic Press, Amsterdam, Vol. 3, pp. 1946-1950.
11. Kreišmane, Dz., Žola, I., Šeļegovska, E., Vaivare, M. (2004) *Rokasgrāmata bioloģiskajā lauksaimniecībā*. Jumi, Rīga, 87 lpp.
12. Larson, B.L. (1992) Immunoglobulins of the mammary secretions. In: *Advanced Dairy Chemistry 1 – Proteins*. Elsevier Science Publishers, London, pp. 231-254.
13. Marnila, P., Korhonen, H. (2002) Immunoglobulins. In: *Encyclopedia of Dairy Science*, Vol. 3. Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (eds), Academic Press, Amsterdam, pp. 1950-1956.
14. McFadden, T.B., Besser, T.E., Barrington, G.M. (1997) Regulation of Immunoglobulin Transfer into Mammary Secretion of Ruminants. In: *Milk Composition, Production and Biotechnology*. Welch et al. (ed.), CAB International, New Zealand, pp. 133-151.
15. Schanbacher, F.O., Goodman, R.E., Talhouk, R.S. (1993) Bovine mammary lactoferrin: Implications from messenger ribonucleic acid (mRNA) sequence and regulation contrary to other milk proteins. *Journal of Dairy Science*, Vol. 76, 12, pp. 3812-3831.
16. Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., van Boekel, M.A.J.S. (1999) *Dairy Technology. Principles of Milk Properties and Processing*. New York: Basel: Marcel Dekker, pp. 709-727.
17. Горбатова, К. (1997) *Биохимия молока и молочных продуктов*. Колос, Москва, 287 стр.
18. Грант, Х., Яворковский, Л. И., Блумберга, И. А. (1973) Турбодиметрический способ количественного определения лизоцима с применением спектрофотометра СФУА. *Лабораторное дело*, 5, стр. 300-304.

Investigation of Cow Bone Tissue Structure Govju kaulaudu struktūras pētījumi

Mara Pilmane

Institute of Anatomy and Anthropology, Riga Stradins University, e-mail: pilmane@latnet.lv
Rīgas Stradiņa universitātes Anatomijas un Antropoloģijas institūts, e-pasts: pilmane@latnet.lv

Inese Zitare, Aleksandrs Jemeljanovs

Research Institute of Biotechnology and Veterinary Medicine "Sigra" of LLU, e-mail: sigra@lis.lv
LLU Biotehnoloģijas un veterinārmedicīnas zinātniskais institūts „Sigra”, e-pasts: sigra@lis.lv

Abstract. Bone routine morphology and factors able to influence bone structure in dairy cows were investigated. Humerus bone in 5-6 years old lactating cows was examined after compulsory slaughtering of cows. The Cutting-Grinding Technique for Hard Tissue was used for dissection of bone. Mineral density test was used for cow bone investigation too. Growth factors BMP2/4 and FGFR were used to detect cell growth and cellular differentiation by immunohistochemistry (IMH). TUNEL method was performed to detect cell death. MMP2 and MMP9 IMH detection was used for matrix degradation. Bone showed thin trabecules with the number of osteocytes varying from 20.30 ± 3.79 to 54.30 ± 5.66 per mm^2 . Osteones also presented different diameter – from 0.0668 ± 0.0183 to 0.1596 ± 0.0285 mm. Intensive proliferation of connective tissue and small capillaries was seen in osteon channels. Regions with granular, optically intensively stained basophilic substance were observed here and there in bone with density from 2206.45 ± 714 to 3017.94 ± 744 g cm^{-2} . Fragments of articular cartilage seemed not changed in routine histological sections. Few BMP2/4-containing cells were detected in all chondrocytes of articular cartilage in all animals and in main part of bone of cows. Numerous to abundance of chondrocytes expressed FGFR1 in articular cartilage, but only few osteocytes of spongy bone contained these receptors. Total apoptosis affected mainly chondrocytes. Both matrix metalloproteinases degraded the cartilage. Bone of healthy dairy cows demonstrated various number of osteocytes and diameter of osteones, and different bone density. Proliferation of connective tissue and small capillaries in osteon channels indicated regional osteoporosis. BMPs were expressed in articular cartilage. The articular cartilage is more affected by apoptosis and FGFR and MMP expression.

Key words: growth factors, apoptosis, bone density, long bones, healthy cows.

Introduction

Bone – specialized and mineralized supportive tissue that together with cartilages makes the skeletal system. The system is essential to life and has three main functions: mechanical function – to give support and site for muscle attachment, barrier function – to limit and defend internal organs, and metabolic function – to develop source for calcium and phosphate that insure maintenance of serum homeostasis.

Bone tissue has the capacity of postnatal self-reconstruction. The process of bone turnover in animals occurs through 2 different processes: modelation of bone and remodeling of bone (Buckwalter et al., 1996). Modelation provides bone growth where bone formation and bone reabsorption are connected processes. Remodeling involves the sequential removal and replacement of bone at discrete sites by the actions of osteoclasts and osteoblasts that comprise the bone multi-cellular unit (Kahn et al., 1983; Frost, 1992). Balanced bone reabsorption and bone formation provide constant bone mass. However, efficiencies of bone reabsorption and bone replacement may change with animal age and during metabolic diseases.

The relation between Ca and P is a constant value in the cow's organism. A total of 98% of the calcium in cow's body is stored within the skeleton and its homeostasis is maintained by parathyroid hormone, vitamin D₃, and calcitonin. At homeostasis, Ca turnover results in equal flux in and out of skeleton. Maintaining the Ca and P pool constant during lactation is a formidable challenge to dairy cows (Horst et al., 1997; Ekelund et al., 2003). Calcium and phosphorus metabolism and bone turnover has been studied much more in metabolic bone diseases and mineral metabolism disturbances and during milk fever of highly producing cows. The last one is metabolic condition that occurs in dairy cattle when the intake of nutrients is inadequate to meet the production demands of the cow. This disorder is described to show changes of the bone system in animals. The common features are the reduced strength of bone, the tendency to form exostoses, bone atrophy, and a deficient calcification (Shupe et al., 1963).

Different animals and different methods have been used for investigation of bone quality. So, ultrasound was found as a tool for assessment of bone quality in the horse (Jeffcott and McCartney,

Table 1

Characterization of cows' humerus bone structure

No.	Number of osteocytes, mm ²	Diameter of osteones, mm	Mean of bone density±SD, g cm ⁻²
1.	20.30 ± 3.79	–	3017.94±744
2.	–	0.0668 ± 0.0183	2340.05±556
3.	43.00 ± 2.61	–	2831.34±647
4.	54.30 ± 5.66	0.1596 ± 0.0285	2698.37±465
5.	46.00 ± 5.23	0.1106 ± 0.0380	2206.45±714

1985). The sow's animal model was investigated for postmenopausal osteoporosis (Scholz-Ahrens et al., 1996). Before 1994, sheep were seldom used in experimental studies regarding osteoporosis or other skeletal pathologies. At present, this animal model offers many advantages. It has been increasingly used in orthopedic scientific research over the last 10 years. Recent research suggests that sheep is a promising model for osteoporosis studies and is suitable for the evaluation of biomaterials and tissue biocompatibility because of its dimension and bone characteristics (Newman et al., 1995; Thorndike and Turner, 1998; Bellino, 2000). However, materials about cow's bone morphology related to osteoporosis were not found in the literature available to us.

Thus, the aim of the present work was to investigate bone routine morphology in healthy dairy cows.

Materials and Methods

Humerus spongy bone from epiphysis in five 5-6 years old lactating cows were examined after compulsory slaughtering of cows. Animals were selected from productive stock with average milk-yield 5000 kg per cow. Investigations were part of the research project explaining cows' metabolism and morphological status of their organisms. Bone specimens were fixed in 10 % formaldehyde. The Cutting-Grinding Technique for Hard Tissue (described by Donath and Breuner, 1982) was used for the dissection of bone tissue.

A bone mineral density test was used to measure the density (strength) of cows' bones.

Growth factors were used to detect cell growth and cellular differentiation: bone morphogenetic protein 2/4 (BMP 2/4, working dilution 1: 100, R and D systems, UK) and fibroblast growth factor receptor one (FGFR1, working dilution 1: 100, Abcam, UK). Matrix metalloproteinases 2 and 9 were used to reveal tissue degradation level (MMP2, working dilution 1: 100, R and D systems, UK) (MMP9, 1: 100, R and D systems, UK) by employing Hsu et al. (1981) biotin-streptavidin immunohistochemistry.

TUNEL method was used for detection of apoptosis. The method was performed by employing the *In situ* Cell Death Detection, POD cat. No. 1684817 (Roche Diagnostics) in accordance with Negoescu et al. (1998).

Also routine staining for haematoxylin and eosin was performed for each case. Statistical correlations were investigated between numbers of cells per visual field by use of Leica DC 300F digital camera, visualisation programme Image Pro Plus, and programme SPSS.

Results

Bone fragments included spongy bone and regions of articular cartilage. Spongy bone showed thicker and thinner trabecules with a variable number of osteocytes per mm² in one and the same animal. Mean cell number in spongy bone varied from 20.30 ± 3.79 to 54.30 ± 5.66 per mm² (Table 1). Interestingly, bones with lesser number of cells per mm² were less changed in structure than bone with larger number of cells per mm². Osteones were observed only in bone spicules of three cows and presented a different diameter – from 0.0668 ± 0.0183 to 0.1596 ± 0.0285 mm. Thereby in all cases intensive proliferation of connective tissue and small capillaries was seen in osteon channels (Fig. 1). Also completely closed Haversian channels were seen (Figs 2 and 3) and regions with granular, optically intensively stained basophilic substance were observed here and there (Fig. 2). Bone density of these regions varied from 2206.45±714 to 3017.94±744 g cm⁻² (Table 1). However, some bone fragments contained exclusively small number of osteocytes and absence of osteones. Interestingly, thin bone trabecules contained smaller number of osteocytes and scarce degenerative tissue of bone marrow was observed among them (Fig. 3).

Fragments of articular cartilage seemed not changed in routine histological sections.

Few BMP2/4-containing cells were detected in articular cartilage in all animals and in main part of



Fig. 1. Haematoxylin- and eosin-stained cow humerus bone. Conspicuous proliferation of connective tissue and presence of many small capillaries in Haversian channel. X 250.

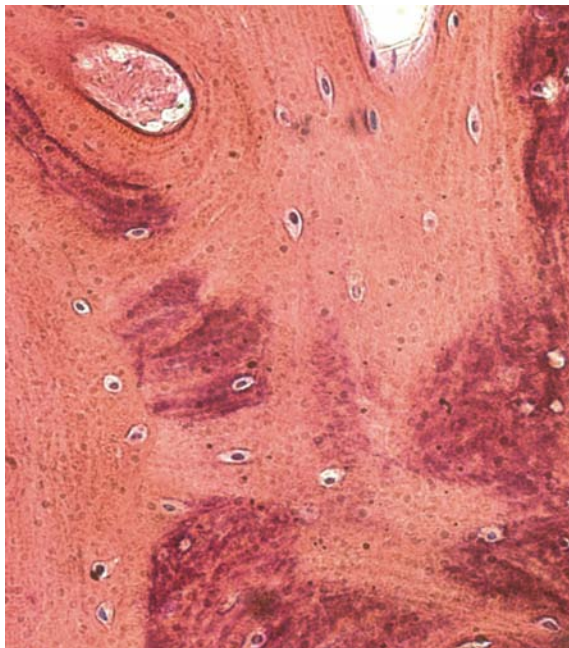


Fig. 2. Optically dense granular substance in the trabecular bone of cow humerus. X 250.

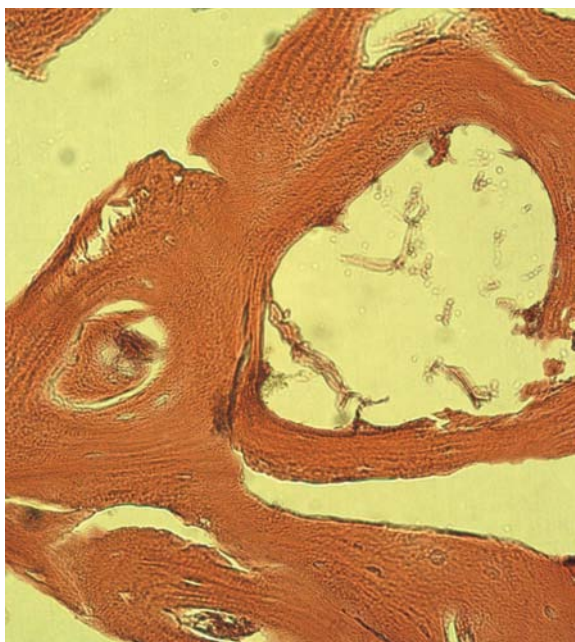


Fig. 3. Thinned spongy bone trabecules with few osteocytes and degenerative bone marrow material of epiphysis in cow humerus. X 250

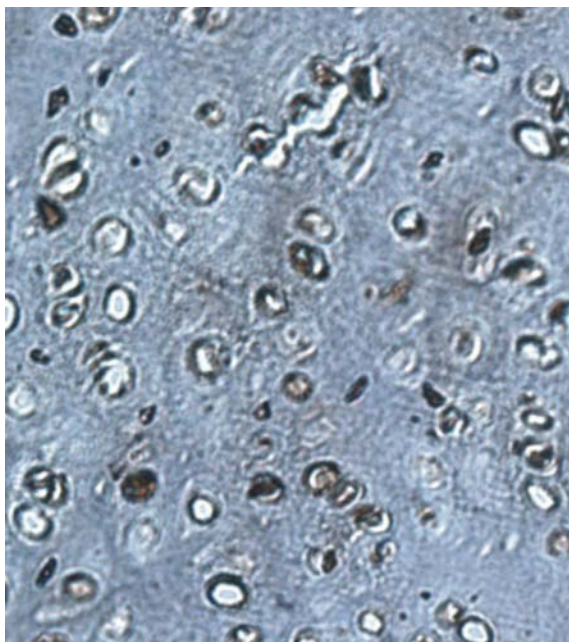
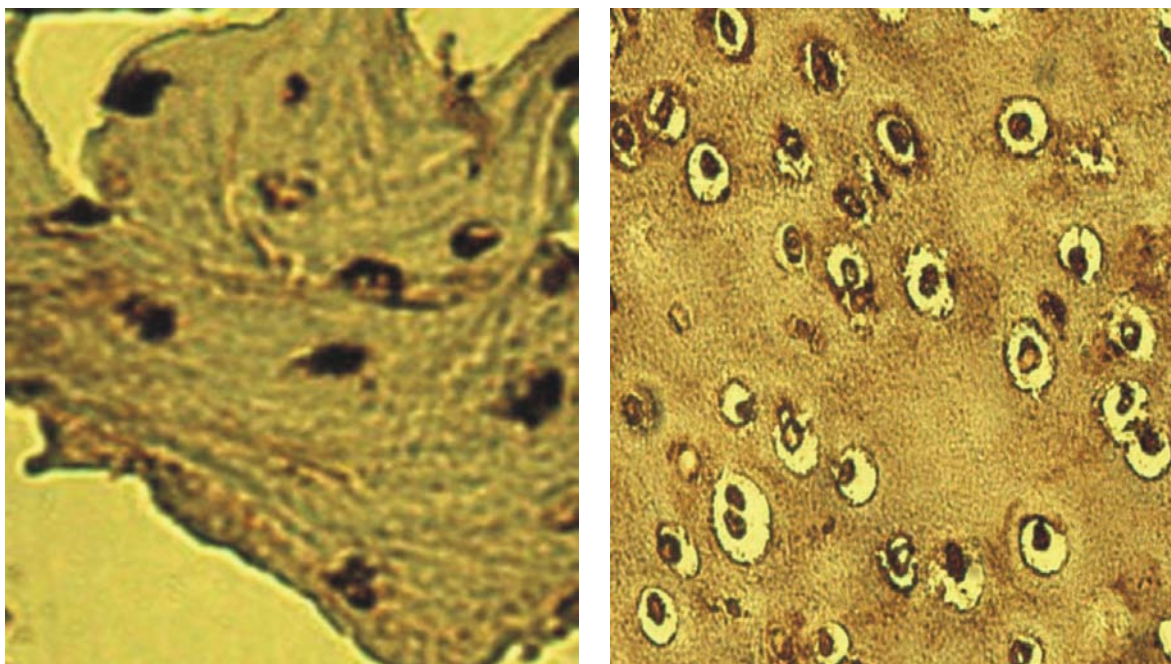


Fig. 4. Some articular cartilage cells expressing BMP2/4 in cow humerus. BMP2/4, IMH, X 400.

bone of cows (Fig. 4, Table 2). Numerous to abundance of chondrocytes expressed FGFR1 in articular cartilage, but only few osteocytes of spongy bone contained these receptors (Figs 5 and 6, Table 2). Total apoptosis affected mainly chondrocytes, although

only few moderated osteocytes died in this way (Fig. 7, Table 2). Both matrix metalloproteinases degraded the cartilage (Fig. 8, Table 2). However, variable number of osteocytes also expressed these collagenases in each case (Table 2).



Figs 5-6. The region of humerus with FGFR1 expressing osteocytes (on the left) and articular cartilage with positive for FGFR1 cells (on the right). FGFR1, IMH, X 400.

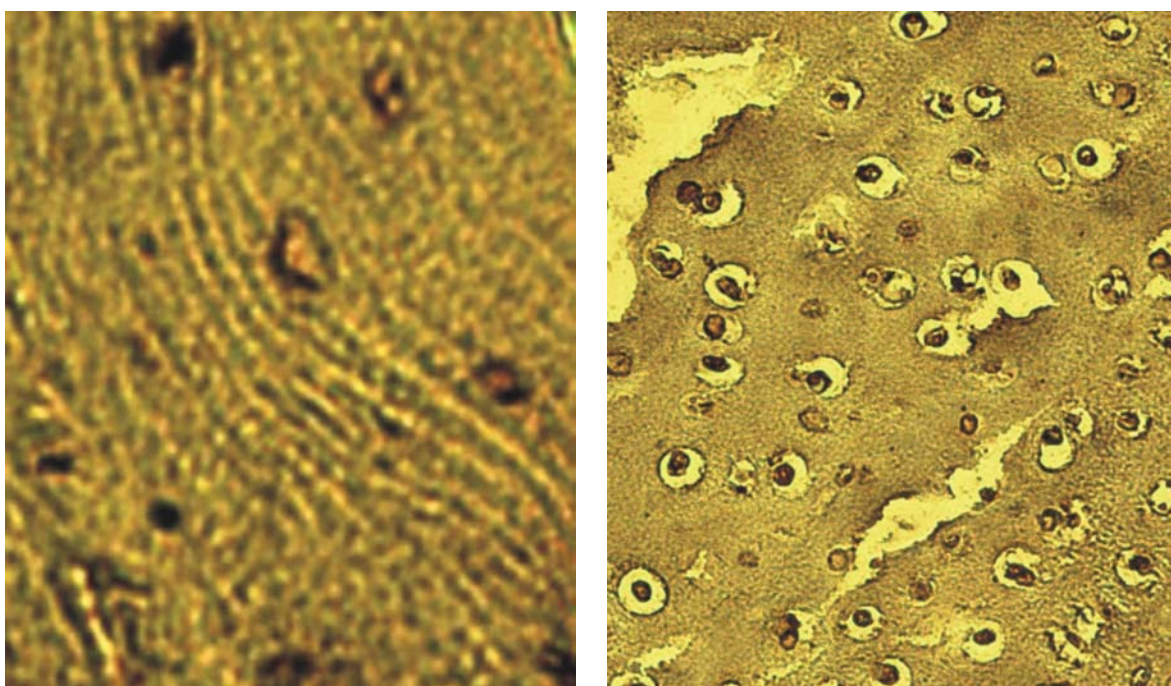


Fig. 7. Few osteocytes affected by apoptosis in healthy cow humerus. TUNEL, X 400.

Fig. 8. Chondrocytes expressing MMP2 in articular cartilage. MMP2, IMH, X 400.

Discussion

In seemingly healthy animals, variation in diameter of osteones and different bone density in trabecules with granular, optically dense material were found. Thus, we suggest about connection between bone changes and content of minerals in bone. Bone

mineral content is a result of the balance between bone formation and resorption. It is influenced by feed, physiological status, and age. Calcium and phosphate are two minerals that are essential for normal bone formation. Calcium contributes 37% of the bone's ash content. In cows, changes in Ca have been reported

Table 2

Distribution of relative number of the osteocytes and chondrocytes containing bone morphogenetic protein, growth factor, and matrix metalloproteinases and the occurrence of apoptosis in the visual field of cow's humerus

No.	BMP2/4		FGFR1		Apoptosis (TUNEL)		MMP2		MMP9	
	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B
1.	+	–	+++	+	+++	+	++++	–	++++	++
2.	+	+	++++	+	++++	++	–	+	+++	+++
3.	+	+	++++	+	++++	++	+++	+++	++++	++
4.	+	+	+++	+	+++	++	+++	–	++	+
5.	+	–	+++	+	+++	++	++	+	++	+

Notations: C – cartilage; B – bone; MMP – matrix metalloproteinasis; BMP – bone morphogenetic protein; FGFR – fibroblast growth factor receptor;

– – lack of cells containing BMP2/4, FGFR1, MMP2, MMP9, and absence of apoptosis;

+ – small number of cells containing BMP2/4, FGFR1, MMP2, and MMP9;

++ – moderate number of cells containing BMP2/4, FGFR1, MMP2, and MMP9;

+++ – numerous cells containing BMP2/4, FGFR1, MMP2, and MMP9;

++++ – significant number of cells containing BMP2/4, FGFR1, MMP2, and MMP9.

during lactation (Benzie et al., 1955). Bone provides Ca for milk synthesis in lactating dairy cows (Horst et al., 1997). Normally calcium found in cow's milk is supplied from both feeding and bone-resorption sources in approximately equal proportions (Maylin and Krook, 1982). However, the negative calcium balance has been particularly noticed in lactating cattle after calving (Beighle, 1999).

The other important changes in bone were variations of osteocytes per mm² and also thinned trabeculae in spongy bone. This might be connected to the bone disease like osteoporosis, because during this disorder morphofunctional activity of osteoblasts is usually changed, which is followed by decreased bone formation and changes in osteocyte number. So, normally in healthy humans, number of osteocytes decreases for one third part from about 30 years of age until 90 years. Aging changes in bone cell number in cows are not known, however, we suggest about persistence of the same morphopathogenetical principle in these animals. It means that number of osteocytes increases while their lacunae decrease, because osteoblasts produce lesser amount of bone substance in comparison with intact bone, which explains the thinned trabeculae (Mullender et al., 1996). Additionally, osteoporosis is the most common type of bone disease in humans and also a problem in high productive cows. Osteopenia in this disease means also decrease in the amount of calcium and phosphorus in the bone, bones can become weak and brittle, thus increasing the risk for fractures (Dou, 2006). Disturbances in cows'

organism metabolism (milk fever) and skeletal fluorosis are diseases bounded with osteoporosis. These bone diseases have been described in some regions of Canada (Obel, 1971; Shupe, 1972).

Interesting data have been found about presence of growth factor BMP in bone and cartilage of seemingly healthy cows, where it is known to stimulate growth. Osteoinduction is the process of building, healing and remodeling of bone stimulated by bone morphogenetic proteins (Pecina et al., 2002). The investigations of BMP have discovered a family of these substances in human blood and bones able to promote the formation of bone and skeleton and to help mend broken bones (Reddi, 1994; Sakou, 1998).

The role of BMP in the cows investigated in the present research seems more compensatory giving evidence about stimulating of growth also in adult animals with some problems in bones. FGFR was detected mainly in cartilage in our animals and in lesser amount it was expressed by bone cells. The research suggests correlations and interactions between FGFR and apoptosis, and both matrix metalloproteinases in which distribution the same relation was observed. The most important interaction between all these indices indicates the growth and proliferation stimulating role of FGF in the background of degradation in matrix, mainly observed in cartilage (despite its almost unchanged structure in routine slides) and apoptosis, also mainly affecting the cartilage. The relations of these factors also discover the real damage of the same hyaline cartilage. Our data respond to the data about fibroblast growth factors as family of growth factors are involved not only in embryonic development,

but also in wound healing (Borland et al., 2001; Bottcher, Niehrs, 2005). Additionally, Frenz et al. (1994) investigated FGF induction in chondrogenesis and proved its stimulating role in the regulation of chondrogenesis during otic capsule formation in mouse inner ear *in situ*.

Besides above mentioned, fibroblast growth factor and bone morphogenetic proteins are important regulators of mesenchymal, preosteoblast, and osteoblast apoptosis in *suture* areas (Fromigue et al., 2005). Generally, in the bone, osteoblasts and osteocytes might die in way of apoptosis-rising bone hypermineralization. The amount of collagen fibers decreases with age, but also during osteoporosis and such, and remodeled bone become easier damaged (Schnitzler et al., 2005).

Finally, proliferation of connective tissue and blood vessels in Haversian channels seen in almost all cow bones also demonstrate the role of some growth factors like FGF that is described to stimulate proliferation of endothelial cells, angiogenesis, and even development of granulative tissue (Kawamata et al., 1997).

In such a way, we observed an important for seemingly healthy dairy cows row of structural changes in bones that bring some new understanding about real welfare of these animals. Despite the importance of skeleton for cows, research on its structure, changes and possible origin of various diseases has been relatively neglected up to now and should be investigated more in future.

Conclusions

1. Main changes in bone of healthy dairy cows demonstrate variations in number of osteocytes per mm² (mainly increase), variation in diameter of osteones and different bone density in trabecules, intensive proliferation of connective tissue, and abundance of small capillaries in osteon channels, which proves the morphological picture of regional osteoporosis in long bones with changed calcium and phosphate relation.
2. Bone morphogenetic proteins are expressed in both articular cartilage and bone where growth of supportive tissue is stimulated and selectively doesn't correlate with changes of other growth factors.
3. FGFR, apoptosis, MMP2, and MMP 9 affect the articular cartilage more than the long bone in healthy cows despite the unchanged cartilage structure in routine morphology. Apoptosis and degradation of supportive tissue matrix by MMP seem to correlate, but increased expression of FGFR indicates more compensatory defense reaction on damage of articular cartilage and long bones in seemingly healthy cows.

Literature

1. Beighle, D. E. (1999) The effects of gestation and lactation on bone calcium, phosphorus and magnesium in dairy cows. *J. S. Afr. Vet. Assoc.*, vol. 70, pp. 142-146.
2. Bellino, F. L. (2000) Nonprimate animal models of menopause: workshop report. *Menopause*, No. 7, pp. 14-24.
3. Benzie, D., Boyne, A. W., Dalgarno, A. C., Duckworth, J. M., Hill, R., and Walker, D. M. (1955) The effect of different levels of dietary calcium during pregnancy and lactation on individual bones. *J. Agric. Sci.*, vol. 46, pp. 425-439.
4. Borland, C. Z., Schutzman, J. L., Stern, M. J. (2001) Fibroblast growth factor signaling in *Caenorhabditis elegans*. *BioEssays*, vol. 23, pp. 1120-1130.
5. Bottcher, R. T., Niehrs, C. (2005) Fibroblast growth factor signaling during early vertebrate development. *Endocr. Rev.*, vol. 26, pp. 63-77.
6. Buckwalter, J. A., Glimcher, M. J., Cooper, R. R., and Recker, R. (1996) Bone biology. Part II: Formation, form, modelling, remodelling and regulation of cell function. *Instr. Course Lect.*, vol. 45, pp. 387-399.
7. Donath, K., Breuner, G. (1982) A method for the study of undecalcified bones and teeth with attached soft tissue. *J. Oral Pathol.*, vol. 11, pp. 318-326.
8. Dou, Z. (2006) *NE-132 Regional Project. Report 2006*. Pennsylvania Penn, University of Pennsylvania: cahpwww.vet.upenn.edu/nerp132/reports/r2006/pa-penn – accessed on March 13, 2007.
9. Ekelund, A., Spörndly, R., Valk, H., and Murphy, M. (2003) Influence of feeding various phosphorus sources on apparent digestibility of phosphorus in dairy cows. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, vol. 109, No. 1-4, p. 95.
10. Frenz, D. A., Liu, W., Williams, J.D., Hatcher, V., Galinovic-Schwartz, V., Flanders, K. C., and Van de Water, TR. (1994) FGF Induction of chondrogenesis: requirement for synergistic interaction of basic fibroblast growth factor and transforming growth factor-beta. *Development*, vol. 120(2), pp. 415-424.
11. Fromigue, O., Modrowski, D., Marie, P.J. (2005) Apoptosis in Membranous Bone Formation: Role of Fibroblast Growth Factor and Bone Morphogenetic Protein Signaling. *Crit. Rev. Eukaryot. Gene Expr.*, vol. 15, issue 1, pp. 75-96.
12. Frost, H. M. (1992) Perspectives: bone's mechanical usage windows. *Journal of Bone and Mineral Research*, vol. 19, pp. 257-271.

13. Horst, R. L., Goff, J. P., Reinhard, T. A., and Buxton, D. R. (1997) Strategies for Preventing Milk Fever in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, vol. 80, No. 7, pp. 1269-1280.
14. Hsu, S. M., Raine, L., Fanger, H. (1981) The use of antiavidin antibody and avidin-biotin peroxidase complex in immunoperoxidase technics. *Am. J Clin. Pathol.*, 75: 816.
15. Jeffcott, I. B., McCartney, R. N. (1985) Ultrasound as a tool for assessment of bone quality in the horse. *Vet. Rec.*, vol. 116 (13), pp. 337-342.
16. Kahn, A. J., Fallon, M. D., Teitelbaum, S. L. (1983) Structure function relationships in bone: an examination of vents at the cellular level. *Bone and mineral research annual 2*. Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, pp. 125-174.
17. Kawamata, T., Speliotis, E. K., Finklestein, S.P. (1997) The role of polypeptide growth factors in recovery from stroke. *Adv. Neurol.*, vol. 73, pp. 377-382.
18. Maylin, G. A., Krook, L. (1982) Milk production of cows exposed to industrial fluoride pollution. *J. Toxicol. Environ. Health*, vol. 10(3), pp. 473-478.
19. Mullender, M. G., van der Meer, D. D., Huiskes, R., and Lips, P. (1996) Osteocyte density changes in aging and osteoporosis. *Bone*, vol. 18(2), pp. 109-113.
20. Negoescu, A., Guillermet, Ch., Lorimer, Ph., Robert, C., Lantuejoul, S., Brambilla, E., and Labat-Moleur, F. (1998) TUNEL apoptotic cell detection in archived paraffin-embedded tissues. *Biochemica*, vol. 3, pp. 36-41.
21. Newman, E., Turner, A. S., Wark, J. D. (1995) The potential of sheep for the study of osteopenia: current status and comparison with other animal models. *Bone*, No. 16, pp. 277-284.
22. Obel, A.-L. (1971) A literary review of bovine fluorosis. *Acta Vet. Scand.*, vol. 12, pp. 151-163.
23. Pecina, M., Jelic, M., Martinovic, S., Haspl, M., and Vukicevic, S. (2002) Articular cartilage repair: the role of bone morphogenetic proteins. *International Orthopaedics*, vol. 26, pp. 131-136.
24. Reddi, A. H. (1994) Bone and cartilage differentiation. *Curr. Opin. Genet. Dev.*, vol. 4(5), pp. 737-744.
25. Sakou, T. (1998) Bone morphogenic proteins: From basic studies to clinical approach. *Bone*, vol. 22, pp. 591-603.
26. Schnitzler, C.M., Schnaid, E., MacPhail, A.P., Mesquita, J.M., and Robson, H.J. (2005) Ascorbic acid deficiency, iron overload and alcohol abuse underlie the severe osteoporosis in black African patients with hip fractures: a bone histomorphometric study. *Calcif. Tissue Int.*, vol. 76, No. 2, pp. 79-89.
27. Scholz-Ahrens, K. E., Delling, G., Jungblut, P. W., Kallweit, E., and Barth C. A. (1996) Effect of ovariectomy on bone histology and plasma parameters of bone metabolism in nulliparous and multiparous sows. *Z. Ernährungswiss*, vol. 35, No. 1, pp. 13-21.
28. Shupe, J. L., Miner, M. L., Greenwood, D. A., Harris, L. E., and Stoddard, G. E. (1963) The effect of fluorine on dairy cattle II. Clinical and pathologic effect. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 24, pp. 964-979.
29. Shupe, J. L., Olson, A. E., Sharma, R. P. (1972) Fluoride toxicity in domestic and wild animals. *Clin. Toxicol.*, vol. 5, pp. 195-213.
30. Thorndike, E. A., Turner, A. S. (1998) In search of in animal model for postmenopausal diseases. *Front. Biosc.*, No. 3, pp. 17-26.

Anotācija

Darba mērķis bija veselu govju, kurām bija pilnvērtīgs barības nodrošinājums un izslaukums vidēji 5000 kg gadā, kaulu rufinā morfoloģiskā izpēte ar kaulaudu augšanu veicinošo un kaulaudu matrici deģenerējošo faktoru noteikšanu. Pēc nokaušanas piecām slaucamām govīm tika ņemti *humerus* kaula audu paraugi, kurus sagatavoja ar „Cutting-Grinding” tehniku. Tika noteikti kaula augšanas faktori (MBP 2/4 – kaulu morfoģenētiskais proteīns 2/4, FGFR – fibroblastu augšanas faktora receptori), šūnu apoptozi noteica ar TUNEL reakciju, matricas deģenerāciju – ar metalopeptidāzēm (MMP2 – matricas metaloproteāze 2 jeb kolagenāze A un MMP9 – matricas metaloproteāze 9 jeb kolagenāze B). Kaulaudu griezumus bija redzami tievi kaulu balķīši ar variējošu osteocītu skaitu. Osteonu izmēri bija dažādi. Atsevišķos osteonu kanālišos bija saviesušies saistaudi, kā arī sīki asinsvadu kapilāri. Vērojami bija dažāda blīvuma graudainas struktūras, bazofilas substances laukumi. Locītavas skrimslis rufinās griezumus nebija izmainīti. Skrimslī un pašā kaulā visiem dzīvniekiem atrada nedaudz BMP 2/4 saturošu šūnu. Daudzi hondrocīti izdalīja FGFR1, bet spongiozajā kaulā tie bija nedaudz osteocīti. Apoptoze bija skārusi galvenokārt hondrocītus. Skrimšļa noārdīšanās piedalījās abas metaloproteāzes. Osteocītu skaits, kas izdalīja šīs kolagenāzes, bija mainīgs. Kaulu paraugos, kas ņemti no veselām slaucamām govīm pēc nokaušanas, bija redzami variējoša skaita osteocīti un dažāda diametra osteoni, kaulu blīvums bija mainīgs. Osteonu kanāli bija pildīti ar saistaudiem un maziem asins kanālišiem, kas norāda uz reģionālu osteoporozi. Locītavu skrimslī tika atrasts BMP – kaula augšanas stimulators, bet apoptoze un ar matricas deģenerāciju saistītās MMP tajā, liekas, korelēja. FGFR izdalīšanās pieaugums norādīja uz balstaudu kompensētu reakciju.

Slaucamo govju dzemdes morfoloģija pēcdzemdību periodā Morphology of Cow's Uterus in Postparturition Period

Ilgā Šematoviča, Aleksandrs Jemeljanovs

LLU Biotehnoloģijas un veterinārmedicīnas zinātniskais institūts „Sīgra”, e-pasts: sigra@lis.lv
Research Institute of Biotechnology and Veterinary Medicine „Sīgra”, LLU, e-mail: sigra@lis.lv

Māra Pilmane

Rīgas Stradiņa universitātes Anatomijas un antropoloģijas institūts, e-pasts: pilmane@latnet.lv
Institute of Anatomy and Anthropology, Riga Stradins University, e-mail: pilmane@latnet.lv

Abstract. Cow's uterus biopsy samples were taken in winter 2004/2005 in the research and training farm “Vecauce”. Histological investigations were performed at the Institute of Anatomy and Anthropology of Riga Stradins University. Ten cows were biopsied twice – in the first and fifth week of postparturition period. The results showed hyperemia, different level of infiltration of tissue with neutrophils, lymphocytes and macrophages, oedema, detachment of lining epithelium, and erosive surface of mucous membrane in separate samples in the first week after parturition. Four weeks after parturition, hyperplasia of basal cells, hyperemia, proliferation of endometrial glands, perivascular and periglandular infiltration with inflammatory cells, as well as lymphatic follicles were found in separate samples. A mild positive correlation ($r=0.41$; $p<0.01$) between infiltration of endometrium with neutrophils and with macrophages was detected in the first week after parturition. A mild positive correlation ($r=0.52$; $p<0.01$) between neutrophils and lymphocytes, as well as between lymphocytes and macrophages ($r=0.35$; $p<0.01$) was found four weeks after parturition. A significant ($p<0.01$) increase in neutrophils, lymphocytes and macrophages was characteristic to cow's uterus samples between first and fifth week after parturition. These changes are suggested to correlate with immune system activation in cow's postparturition period. Four weeks after parturition, a dense infiltration of neutrophils, lymphocytes and macrophages was observed in the uterus of dairy cows without any clinical inflammation signs in animals.

Key words: cows, uterus, postparturition, morphology.

Ievads

Slaucamām govīm involūcijas periods, kas fizioloģiski ilgst 25 līdz 30 dienas pēc dzemdībām, ir viens no kritiskākajiem periodiem reproduktīvās sistēmas slimību etioloģijā (Twardoň et al., 2002). Kā riska faktori, kuri rada priekšnosacījumus reproduktīvās sistēmas slimībām un traucējumus dzemdes involūcijai, minami dzemdību palīdzības sniegšana dzemdību laikā un manipulācijas pēcdzemdību periodā, kad dzemdes dobumā var nokļūt mikroflora un radīt dzemdes infekciju (Meglia, 2004).

Otrajā dienā pēc dzemdībām dzemdes gļotādas histoloģiskajos izmeklējumos vērojams vienkāršas, vienrindas epitēlijs, kurš vietām ir bojāts. No trešās līdz piektajai dienai turpinās gļotādas epitēlija atdalīšanās un sabrukšana, bet 11. dienā sākas epitēlizācijas procesi dzemdes gļotādas bojātos reģionos, kas turpinās līdz 14. dienai. No 21. līdz 30. dienai pēc atnešanās dzemdes gļotāda ir klāta ar vienkāršas, vienrindu epitēliju, kam atsevišķās vietās ir pseido-daudzrindu raksturs. Dzemdes dziedzeru slānis pēc dzemdībām ir vāji attīstīts, dziedzeriem ir izstiepta forma, un līdz pat 20.–30. dienai pēc dzemdībām var būt vērojamas deģeneratīvas dziedzeru izmaiņas (Емельянова, 1974).

Govīm pēc dzemdībām vienmēr vērojama polimorfonukleāro leukocītu un citu iekaisuma šūnu infiltrācija dzemdes audos, jo agrā pēcatnešanās periodā govju dzemdes dobumā atrodama plaša spektra mikroorganismu asociācijas, piemēram, *Escherichia coli*, *Actinomyces pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus sp.*, *Sreptococcus sp.* un *Pastereula multocida*, kā arī anaerobie mikroorganismi – *Clostridium*, *Bacteroides* un *Fusobacterium sp.* (Twardon et al., 2000; Зверева и Хомин, 1976). Persistentu infekciju spēj izraisīt *Actinomyces pyogenes* (Bondurant, 1999; Lewis, 1997). Savukārt autori Duļbinskis un Jemeljanovs (2006) govīm pirmajās nedēļās pēc atnešanās dzemdes dobuma eksudātā 81.6 % gadījumu konstatējuši vienas mikroorganismu sugas pārstāvjus – monokultūru.

Ja dzimumsistēma tiek inficēta, sniedzot dzemdību palīdzību vai ienesot infekciju pēcdzemdību manipulāciju laikā, veselas govs organismā tā izzūd divu līdz trīs nedēļu laikā pēc atnešanās (Bondurant, 1999), bet LeBlank un citi (2002) apgalvo, ka šim procesam jānotiek līdz 26 dienām pēc atnešanās. Savukārt Kask un citi (1999) uzskata, ka dzemdes dobuma atveseļošanās process norit sešās nedēļās pēc atnešanās. Govs endometrija inficēšanās ar nespēcisku mikroorganismu infekciju galvenokārt

rada neitrofilo leukocītu infiltrāciju dziedzeru slānī un dzemdes lumenā. Neitrofīlie leukocīti fagocitē mikroorganismus, un arī limfocīti un eozinofīlie leukocīti var piedalīties iekaisuma reakcijā (Bondurant, 1999).

Klīniski involūcijas procesa norise un arī dzemdes iekaisuma raksturs tiek noteikts pēc lohiju un/vai izdalījumu rakstura, bet histoloģiskajos izmeklējumos to vērtē pēc patoloģisko izmaiņu pakāpes dzemdes audos. Tādējādi dzemdes gļotādas virsmas epitēlija atdalīšanās un mērenu neitrofilo leukocītu un limfocītu infiltrācija *lamina propria* tiek apzīmēta par vieglu endometritu. Vieгла endometrita gadījumos vērojama atsevišķu endometriālo dziedzeru deģenerācija un to epitēliālo šūnu nekroze (Javed, Khan, 1991). Par vidēja smaguma endometritu tiek apzīmēti gadījumi, kad bez iepriekšminētajām pazīmēm vērojama blīva limfocītu un plazmocītu infiltrācija dzemdes dziedzeru slānī un fibroblastu proliferācija ap dažiem endometrija dziedzeriem. Šajā gadījumā atrodama arī periglandulāra un perivaskulāra leukocītu infiltrācija (Bonnett et al., 1991), kā arī atsevišķu endometriālo dziedzeru deformācija un to cistiska pārveidošanās (Javed, 1991).

Joprojām nav vienota uzskata par to, kā norisinās slaucamo govju organisma aizsardzības procesi dzemdes gļotādā involūcijas periodā. Latvijā ir veikti govju endometrija morfoloģijas pētījumi govīm–donoriem saistībā ar hormonālo statusu un procesiem olnīcās (Антане, 1990) un dzemdes histomorfoloģiskie pētījumi slaucamām govīm pēcatnešanās periodā (Емельянова, 1974).

Mūsu pētījuma mērķis bija pētīt govju dzemdes gļotādas morfoloģiskās pārmaiņas pēcatnešanās periodā.

Materiāls un metodes

Pētījumā iekļautas desmit Latvijas brūnās (LB) šķirnes govju no LLU MPS „Vecaucē” slaucamo govju ganāmpulka novietnes „Līgotnes” 2004./2005. gada ziemas periodā. Dzemdes gļotādas un zemgļotādas dziedzeru slāņa biopsijas paraugi ņemti pirmajā nedēļā pēc atnešanās no govju grūsnā dzemdes raga, lai noskaidrotu iespējamās iekaisuma izmaiņas. Manipulāciju atkārtojām pēc 4 nedēļām, t.i., 5. nedēļā, kad fizioloģiski ir beidzies involūcijas process.

Dzemdes gļotādas biopsija veikta ar oriģinālu biopsijas instrumentu, kas ražots Dānijas uzņēmumā „Kruuse”. Pēc audu paraugu iegūšanas tos ievietoja neitrālā 10% formalīna šķīdumā, pH – 7.5 (Humason, 1967). Histoloģiskie izmeklējumi veikti Rīgas Stradiņa universitātes Anatomijas un antropoloģijas institūta Morfoloģijas laboratorijā. Govju dzemdes audu paraugi tika atūdeņoti, attaukoti un ieslēgti parafīna blokos, griezti ar mikrotomu, krāsoti ar eozīnu un hematoksilīnu (Aughey, Frye, 2001) un izmeklēti ar gaismas mikroskopu „Leica BME”.

Dzemdes satura mikrobioloģiskie izmeklējumi veikti LLU Biotehnoloģijas un veterinārmedicīnas zinātniskā institūta „Sīgra” mikrobioloģijas laboratorijā. Mikrobioloģiskie izmeklējumi veikti pēc vispārpieņemtām standartmetodēm LVS ISO 7218:1996 un LVS NE ISO 6887-1:1999, kā arī LVS NE ISO 4833:2003 L.

Datu statistiskajā apstrādē lietots Stjudenta t tests vienas paraugkopas analīzei, Vilkinsona tests divu saistītu paraugkopu analīzei (Paura un Arhipova, 2002), nelineārās un lineārās regresijas modeļi, kā arī divfaktoru un daudzfaktoru korelācija (Arhipova un Bāliņa, 2003).

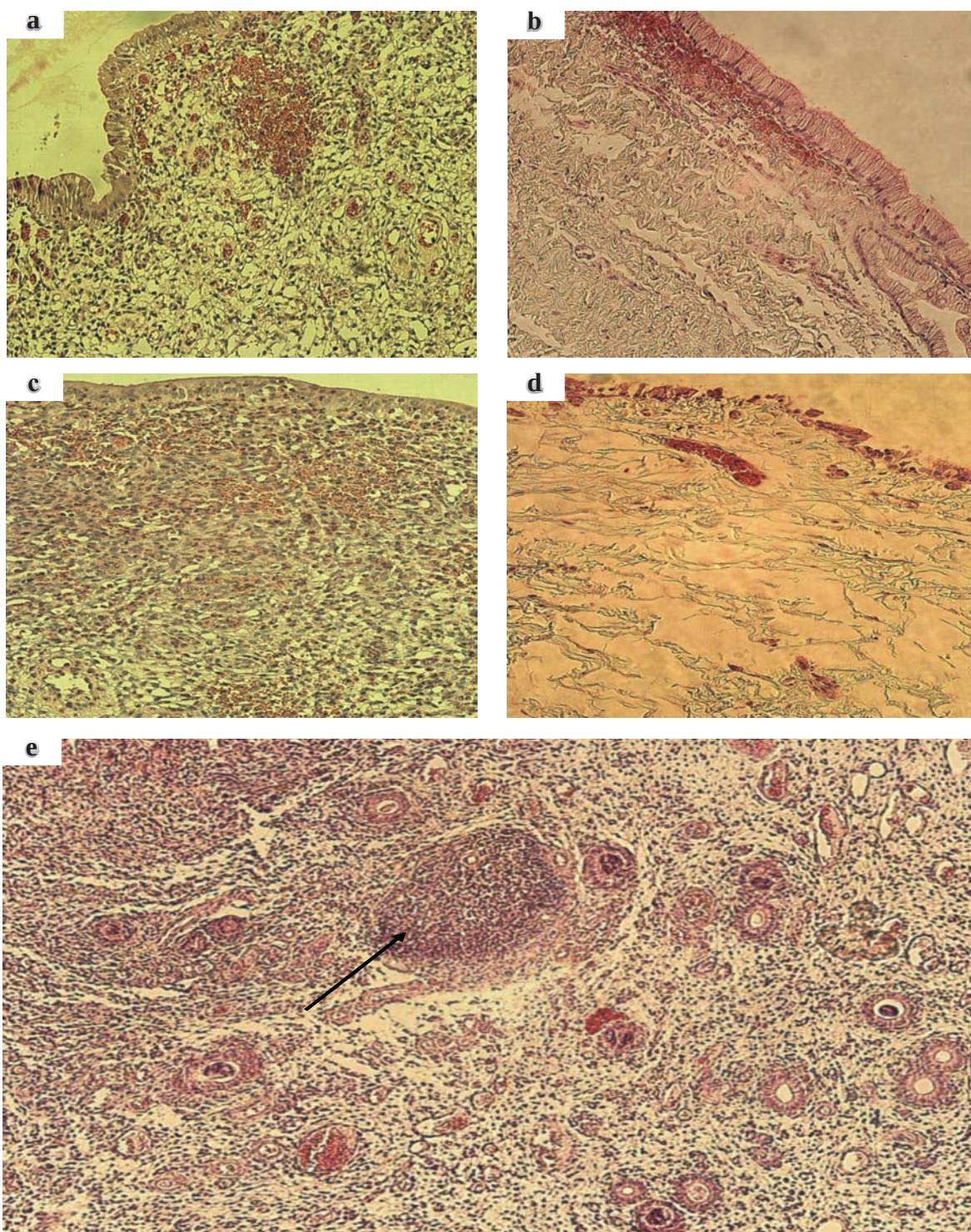
Rezultāti un diskusija

Slaucamo govju dzemdes dobuma gļotādas biopsijas paraugos, kas ņemti pirmajā nedēļā pēc atnešanās, tika konstatēta bazālo šūnu hiperplāzija, perēklveida (1.a att.), zemepitēlija (1.b att.) un difūzi endometrija (1.c att.) pilnasinīgi asinssvadi, tūska dzemdes audos (1.d att.), bet atsevišķos paraugos – erozīva gļotādas virsma.

Četras nedēļas pēc atnešanās joprojām bija vērojama asinsvadu pilnasinība dzemdes gļotādā, izteikta neitrofilo leukocītu, limfocītu un makrofāgu infiltrācija ap dziedzeru izvadiem un dziedzeru proliferācija. Atsevišķos paraugos bija vērojami izveidojušies limfoidie mezgliņi dziedzeru slānī (1.e att.). Trijām govīm, kurām pirmajā nedēļā pēc atnešanās dzemdes saturā bija konstatēti *Staphylococcus* ģints mikroorganismi, četras nedēļas vēlāk atrada intensīvu iekaisuma šūnu infiltrāciju dzemdes audos, lai gan otrajā bakterioloģiskās izmeklēšanas reizē (četras nedēļas pēc dzemdībām) infekcijas ierosinātāji minēto govju dzemdes satura paraugos netika konstatēti. Citi autori intensīvu iekaisuma šūnu infiltrāciju dzemdes gļotādas dziedzeru slānī dzemdes involūcijas periodā konstatējuši tikai 25% gadījumu (Bonnett et al., 1991), citi – vairāk nekā 30% gadījumu (Емельянова, 1974).

Visām izmeklētajām govīm dažādās kombinācijās konstatēja plaša spektra mikroorganismu asociācijas, 79% gadījumu izdalot *Echerichia coli*, 63% – *Staphylococcus aureus*, 58% – *Enterococcus faecalis*, 38% – *Bacillus sp.*, 33% – *Staphylococcus sp.*, 33% – *Micrococcus sp.*, 8% – *Proteus vulgaris*, 8% – β hemolizējošā *Streptococcus* ģints mikroorganismus, 8% – *Bacillus licheniformis*, un 8% – *Hafnia alvei*.

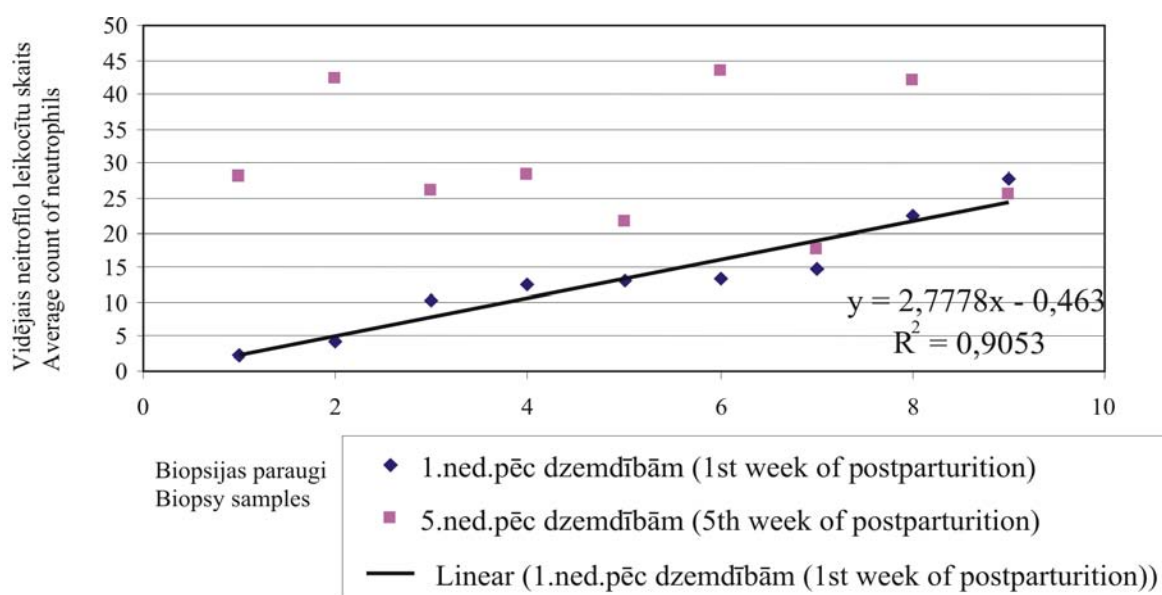
Neitrofilo leukocītu infiltrācijas pakāpe dzemdes gļotādā pirmajā nedēļā pēc atnešanās attēlota ar lineārās regresijas modeli, ņemot vērā dzemdību laikā dzemdes dobumā iekļuvušo mikroorganismu daudzumu (skat. 2. att.). Jāpiemin arī, ka infiltrācijas amplitūda starp atsevišķām govīm nebija būtiski atšķirīga ($p > 0.05$). Savukārt četras nedēļas pēc atnešanās vērojamas ļoti plaša iekaisuma šūnu infiltrācijas intensitātes atšķirības ($p < 0.05$) starp atsevišķām govīm.



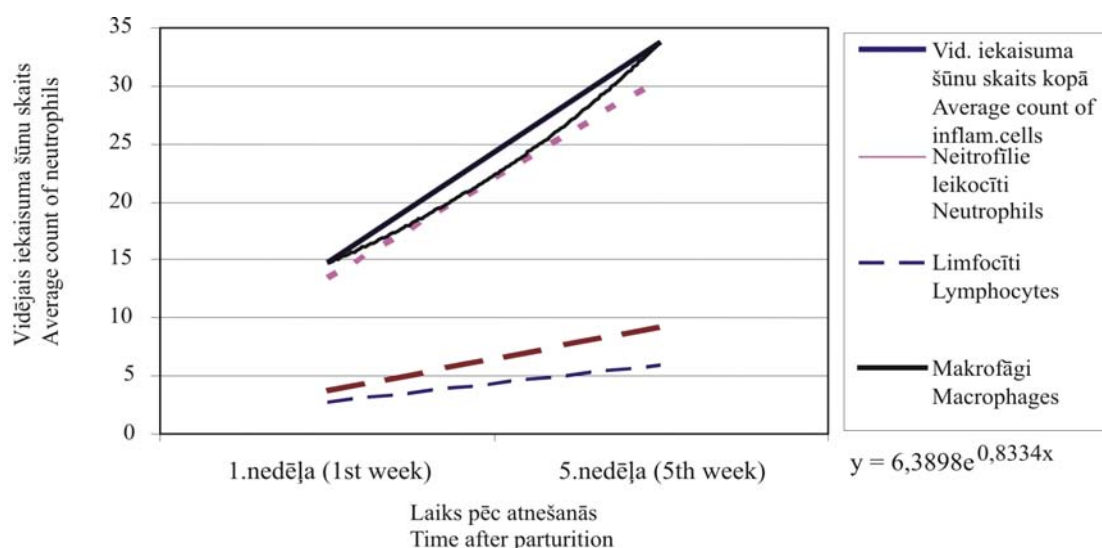
1. att. Morfoloģiskās pārmaiņas govju dzemdes audos pēcdzemdību periodā (krāsojums ar hematoksilīnu un eozīnu):

a – perēkļveida pilnasinīgi kapilāri un iekaisuma šūnu infiltrācija endometrijā, X 100; **b** – subepitēliālā kapilāru pilnasinība, X 200; **c** – difūzi izvietotu kapilāru pilnasinība un iekaisuma šūnu infiltrācija endometrijā, X 100; **d** – daļēja dzemdes virsmas epitēlija atdalīšanās un gļotādas tūska, X 100; **e** – limfoidais mezgliņš endometrijā (bultiņa), dziedzeru proliferācija, periglandulāra un perivaskulāra iekaisuma šūnu infiltrācija, X 100.

Fig. 1. Morphological changes in cow's uterus in postparturition period (haematoxylin and eosin staining): **a** – focus-type hyperemia and infiltration of endometrium with inflammatory cells, X 100; **b** – subepithelial hyperemia, X 200; **c** – hyperemia of diffuse-arranged capillaries and infiltration of endometrium with inflammatory cells, X 100; **d** – partial detachment of lining epithelium and oedema in mucous membrane, X 100; **e** – lymphatic follicle in endometrium (arrow), proliferation of endometrial glands, periglandular and perivascular infiltration of endometrium with inflammatory cells, X 100.



2. att. Neitrofilo leukocītu skaita dinamika govju dzemdes audos 1. un 5. nedēļā pēc atnešanās.
Fig. 2. Dynamics of neutrophils in cow's uterus in the 1st and 5th week after parturition.



3. att. Iekaisuma šūnu skaita dinamika govju dzemdes audos 1. un 5. nedēļā pēc atnešanās.
Fig. 3. Dynamics of inflammation cells in cow's uterus in the 1st and 5th week after parturition.

Arī makrofāgu un limfocītu infiltrācija dzemdes audos pirmajā nedēļā pēc dzemdībām bija ranžējama atkarībā no dzimumsistēmas inficēšanas intensitātes dzemdību laikā. Mūsuprāt tas liecina par organisma prestēstības spēju nozīmi pēcdzemdību periodā, ko atzīmē arī citi autori (Lewis, 1997; Meglia, 2004).

Pirmajā nedēļā pēc atnešanās govīm endometrija novēroja statistiski nozīmīgu ($p < 0.01$), vidēju pozitīvu korelāciju ($r = 0.41$) starp makrofāgu un neitrofilo leukocītu infiltrāciju. Savukārt ceturtajā nedēļā pēc atnešanās govju dzemdes gļotādas biopsijas paraugos konstatēja statistiski būtisku ($p < 0.01$), vidēju pozitīvu ($r = 0.52$) korelāciju starp neitrofiliem un limfocītiem,

kā arī būtisku, vidēju pozitīvu korelāciju ($p < 0.01$) starp limfocītiem un makrofāgiem ($r = 0.35$). Tas liecina, ka govīm pirmajā nedēļā pēc atnešanās dzemdes audos sākotnēji prevalē celulārie, bet vēlāk, iespējams, aktivizējas humorālie aizsardzības mehānismi.

Iekaisuma šūnu statistiskā analīze divām saistītām paraugkopām rādīja, ka četras nedēļas pēc atnešanās, salīdzinot ar pirmo nedēļu, neitrofilo leukocītu, makrofāgu un limfocītu infiltrācijas pieaugums govju dzemdes gļotādas audos ir būtisks ($p < 0.01$) (skat. 3. att.). Tas pamato uzskatu, ka govju dzemde ir spējīga atjaunot fizioloģisko vidi dzemdē laika posmā līdz četrām nedēļām (Le Blank et al., 2002;

Kask et al., 1999). Tomēr jāatzīmē, ka šie apgalvojumi bija balstīti uz infekcijas izžušanu attālinātā laika periodā pēc dzemdībām. Mūsu pētījumā iekļautajām govīm četras nedēļas pēc dzemdībām no dzemdes dobuma neizolējām infekcijas ierosinātājus, tomēr, salīdzinot pirmo un piekto nedēļu pēc atnešanās, iekaisuma šūnu infiltrācija dzemdes audos bija palielinājusies par 83.34%.

Mūsu pētījums liecināja, ka slaucamo govju dzemdes audos četras nedēļas pēc atnešanās var būt intensīva iekaisuma šūnu infiltrācija bez klīniskām dzemdes iekaisuma pazīmēm. Domājams, šis process jāuzskata kā involūcijas mikroprocesu daļa. Tātad mūsu pētījums pierāda, ka dzemdes involūcijas mikroprocesi slaucamām govīm norit vēl piektajā nedēļā pēc dzemdībām.

Secinājumi

1. Pirmajā nedēļā pēc atnešanās slaucamo govju dzemdes gļotādā vērojama hiperēmija, dažādas intensitātes iekaisuma šūnu infiltrācija, tūska, vietām virsmas epitēlija atdalīšanās un erozīva dzemdes gļotādas virsma.
2. Četras nedēļas pēc dzemdībām govīs dzemdē vērojama bazālo šūnu hiperplāzija, pilnsinīgi asinsvadi, dziedzeru proliferācija, perivaskulāra un periglandulāra iekaisuma šūnu infiltrācija, kā arī limfocīti mezgliņi atsevišķos paraugos.
3. Pirmajā nedēļā pēc atnešanās govīm endometrijā vērojama statistiski nozīmīga ($p < 0.01$), vidēja pozitīva korelācija ($r = 0.41$) starp makrofāgu un neitrofilo leukocītu infiltrāciju. Savukārt ceturtajā nedēļā pēc atnešanās govju dzemdes gļotādas biopsijas paraugos konstatēta statistiski būtiska ($p < 0.01$), vidēja pozitīva ($r = 0.52$) korelācija starp neitrofiliem un limfocītiem, kā arī būtiska, vidēja pozitīva korelācija ($p < 0.01$) starp limfocītiem un makrofāgiem ($r = 0.35$).
4. Neitrofilo leukocītu, makrofāgu un limfocītu infiltrācijas pieaugums govīs dzemdes audos ir statistiski nozīmīgs ($p < 0.01$) pēcdzemdību attālinātā laika periodā četras nedēļas pēc dzemdībām.
5. Slaucamo govju dzemdes audos piektajā nedēļā pēc atnešanās var būt intensīva iekaisuma šūnu infiltrācija bez klīniskām dzemdes iekaisuma pazīmēm.

Literatūra

1. Arhipova, I., Bāliņa, S. (2003) *Statistika Ekonomikā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel*. Rīga: Datorzinību centrs, 352 lpp.
2. Aughey, E., Frye, F.L. (2001) *Comparative veterinary histology with clinical correlates*. Manson Pub.Ltd., London, 14-127.
3. Bondurant, R.H. (1999) Inflammation in the bovine female reproductive tract. *Animal health 2: Inflammation and animal health*. California 95616, pp. 101-110.
4. Bonnett, B. N., Miller, R. B., Etherington, W. G., Martin, S.W., Johnson, W. H. (1991) Endometrial biopsy in Holstein-Friesian dairy cows. *Canada, Journal of Veterinary Research*, 55: 155-161.
5. Duļbinskis, J., Jemeljanovs, A. (2006) Miometriju tonizējošu līdzekļu ietekme uz govju reproduktīvajām funkcijām. *LLU Raksti*, Nr. 16 (311), 30.-39. lpp.
6. Humason, G.L. (1967) *Animal tissue techniques*. Second edition. W.H.Freeman and Company, San Francisco and London, 569 pp.
7. Javed, M.T., Khan, M.Z. (1991) Bacteriological and biohistopathological studies in repeat breeding cows. *Journal of Islamic academy of sciences*, 4:3, 242.
8. Kask, K., Gustafsson, H., Magnusson, U., Bertilsson, J., Gunnarsson, A., Kindahl, H. (1999) Uterine bacteriology, histology, resumption of ovarian activity and granulocyte function of the postpartum cow in different milking frequencies. *Acta Vet. Scand.*, 40(4):287-97.
9. LeBlanc, S.J., Duffield, T.F., Leslie, K.E., Bateman, K.G., Keefe, G.P., Walton, J.S., Johnson, W.H. (2002) Defining and diagnosing postpartum clinical endometritis and its impact on reproductive performance in dairy cows. *Journal of dairy science*, Vol. 85:2223-2236.
10. Lewis, S.G. (1997) Uterine health and disorders. *Dairy Science*, 80:984-994.
11. Meglia, G. E. (2004) Nutrition and Immune Response in Periparturient Dairy Cows. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Veterinaria* 170, Uppsala, p. 116.
12. Paura, L., Arhipova, I. (2002) *Neparametriskās metodes. SPSS datorprogramma*. Jelgava, 148 lpp.
13. Twardoń, J., Dejneka, G. J., Błaszczowska, M., Trzęsowski, P. (2002) The influence of simpanorm (carazolol) on puerperal period course in dairy cows. Wrocław, Poland. http://216.239.59.104/search?q=cache:vqm2wmjRKn4J:www.fatro.it/fatro_gb/News/Vetupdates/Files/DOC/SIMPANOR.DOC+The+influence+of+Simpanorum&hl=lv&ct=cInk&cd=1&gb=lv – resurss aprakstīts 2007. gada 1. februārī.
14. Антане, В.В. (1990) Зависимость суперовуляции и качества эмбрионов коров-доноров от состояния их гормонального статуса, эндометрия и показателей обмена веществ. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук*. Елгава, 139 стр.
15. Емельянова, М. (1974) Гистоморфологические и гистохимические изменения основных структур эндометрия после отёла. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук*. Сигулда, 194 стр.
16. Зверева, Г.В., Хомин, С.П. (1976) *Гинекологические болезни коров*. Урожай, Киев, 152 стр.

**Hematoloģiskie rādītāji kazām pēc to eksperimentālas invadēšanas ar
Ostertagia/Teladorsagia circumcincta
trešās attīstības stadijas (L₃) kāpurim
Haematological parameters of goats after their experimental
invasion with *Ostertagia/Teladorsagia circumcincta*
third development stage (L₃) larvae**

Dace Keidāne, Edīte Birģele

LLU Veterinārmedicīnas fakultātes Preklīniskais institūts, e-pasts: Edite.Birģele@llu.lv
Preclinical institute, Faculty of Veterinary Medicine, LLU e-mail: Edite.Birģele@llu.lv

Abstract. The research was done at the Experimental animal hospital of the Faculty of Veterinary Medicine of the Latvia University of Agriculture. Four experimental groups were arranged, five animals in each: two groups of adult goats at the age of 1-2 years and two groups of kids, 2-3 months old. All goats were operated for insertion of chronic rumenal and abomasal fistulae. Additionally, digestive strongylida larvae were cultured for artificial infection of goats. Each animal of one adult goat group and one kid group was infected via rumenal fistula with 5000 *O. circumcincta* L₃ larvae, but the other animals – with 10 000 *O. circumcincta* L₃ larvae. To estimate the level of invasion, examination of faeces was made starting from day three every day after strongylida larvae infection. Blood samples in goats were taken five times before the invasion and five times in the third and fourth week after invasion. Changes in blood haematological parameters were observed in goats that received *O. circumcincta* L₃ larvae: the count of eosinophil leucocytes significantly increased from 1.63-3.00% to 12.20%-14.00% ($p < 0.01$). The count of lymphocytes in blood of older animals decreased from 52.58% to 36.70%, but in kids increased from 58.60% $\pm$ 10.35 to 70.35% $\pm$ 7.2 ($p < 0.01$).

Key words: *O. circumcincta*, experimental invasion, goats, haematological parameters.

Ievads

Kazu audzētājiem ievērojamus zaudējumus var radīt parazitārās invāzijas, t.sk. arī dzīvniekiem glumeniekā parazitējošie *Ostertagia/Teladorsagia circumcincta* (*O. circumcincta*) un *Haemonchus contortus* (*H. contortus*) veltnārpī. Invadētajiem dzīvniekiem ir vairāk vai mazāk izteikta diareja, tie novājē, kļūst anēmiski, samazinās piena produkcija. Novērots, ka parazitāru ietekmē dzīvniekiem mainās asiņu hematoloģiskie un bioķīmiskie rādītāji, pie kam pirmie reaģē eozinofīlie leukocīti un limfocīti (Scott et al., 1998; Balic et al., 2000; Hertzberg, Bauer, 2000; Jasmer et al., 2007). Intensīvas gremošanas orgānu parazitāru invāzijas gadījumā novēro izmaiņas arī asiņu olbaltumvielu sastāvā (Smith, Sherman, 1994).

Literatūras dati par eozinofīlo leukocītu aktivitāti pie dažādām gremošanas orgānu strogilātu invāzijas pakāpēm ir visai pretrunīgi. Daži autori (Balic et al., 2000; Jasmer et al., 2007) konstatējuši, ka ar *O. circumcincta* invadētiem jēriem eozinofīlo leukocītu daudzums asinīs palielinās septītajā–devītajā pēcinvāzijas dienā, turpmāk līdz 14. dienai to daudzums nedaudz samazinās, bet pēc tam, līdz 21. dienai, atkal paaugstinās. Balic ar līdzautoriem (2000) akcentējuši, ka eozinofīlo leukocītu daudzums paaugstinās tieši pēc dzīvnieku atkārtotām invāzijām.

Citi pētnieki (Hertzberg, Bauer, 2000) novērojuši eozinofīlo leukocītu skaita paaugstināšanos devītajā dienā pēc invadēšanas un to samazināšanos – sākot ar 34. dienu. Atzīmēts arī paaugstināts limfocītu skaits asinīs 34 dienas pēc dzīvnieku invadēšanas. Ceturtajā dienā pēc eksperimentālas jēru invadēšanas ar lielu skaitu (200 000) L₃ *Ostertagia ostertagi* kāpurim novērota limfocītu skaita palielināšanās asinīs (Balic et al., 2000). Konstatēts arī, ka, pirmo reizi invadējot jērus ar *H. contortus* kāpurim, leukocītu daudzums asinīs paaugstinās 14.–15. dienā (Charleston, 1965; Salman, Duncan, 1984). Daži autori konstatējuši, ka pēc piecus mēnešus vecu jēru invadēšanas ar L₃ *H. contortus* (50 000) kāpurim tikai neliela leukocītu skaita palielināšanās parādās piektajā pēcinvāzijas dienā, bet ievērojami paaugstinās leukocītu skaits asinīs tiem jēriem, kuri bija invadēti ar pieaugušiem *H. contortus* parazitētiem (Balic et al., 2000).

Kas attiecas uz kazām, tad literatūrā ir dati, ka ar *H. contortus* invadētiem dzīvniekiem līdz 28. dienai strauji paaugstinās eozinofīlo leukocītu daudzums asinīs, bet tad tas atkal samazinās, 52. dienā sasniedzot normas robežas (Patterson et al., 1996).

Jāatzīmē, ka *H. contortus* invāzijas gadījumā jēriem ir novērota arī leukocītu aktivizēšanās glumenioka gļotādā (Charleston, 1965; Salman, Duncan, 1984; Balic et al., 2000). Paaugstinātu eozinofīlo leukocītu

skaitu glumenieka gļotādā konstatēja jēriem piektajā pēcinvāzijas dienā pēc to vienreizējas invadēšanas ar *H. contortus*. Savukārt gadījumā, kad jēri pirmo reizi tika mākslīgi invadēti ar 50 000 *O. circumcincta* L₃ stadijas kāpuriem, eozinofilo leukocītu skaita paaugstināšanās tika konstatēta 10. un 21. pēcinvāzijas dienā (Stevenson et al., 1994).

Mūsu darba mērķis bija izpētīt hematoloģisko rādītāju izmaiņas kazām pēc to eksperimentālas invadēšanas ar strongilātu *Ostertagia/Teladorsagia circumcincta* trešās attīstības stadijas (L₃) kāpuriem.

Materiāls un metodika

Pētījumi veikti LLU Veterinārmedicīnas fakultātes eksperimentālo dzīvnieku stacionārā oktobrī, novembrī un decembrī. Tika izveidotas četras eksperimentālo dzīvnieku grupas: divas pieaugušu kazu grupas (vecumā no viena līdz diviem gadiem) un divas jaundzīvnieku grupas (vecumā no diviem līdz trīs mēnešiem). Katrā grupā bija pieci dzīvnieki. Visām kazām iepriekš tika ieoperētas hroniskās spurekļa un glumenieka fistulas. Jāatzīmē, ka visu grupu dzīvnieki, uzsākot pētījumus, bija brīvi no parazītiem un klīniski veseli. To ēdināšanas un turēšanas apstākļi pētījumu laikā bija identiski.

Visu grupu kazām vairākkārtīgi veica koproloģisko izmeklēšanu ar MacMastera metodi (Hansen, Perry, 1994). Koproloģiskais materiāls tālākai gremošanas orgānu strongilātu kāpuru kultivēšanai iegūts Jelgavas rajona kazu audzēšanas saimniecībā "Līcīši". Parazītu kāpuru kultivēšana veikta Veterinārmedicīnas fakultātes Pārtikas un vides higiēnas institūta Parazitoloģijas laboratorijā.

Kad kāpuri sasniedza invadēspējīgu stadiju, t.i., pēc divām nedēļām, tie pēc Bērmaņa metodes tika izolēti no fekālijām, identificēti pēc morfoloģiskām pazīmēm un ievadīti kazām caur spurekļa fistulu (Hoste et al., 2001). Vienas pieaugušo un vienas jaundzīvnieku grupas katrs dzīvnieks saņēma 5000 *O. circumcincta* L₃ kāpuru, bet otras grupas kazas – attiecīgi 10 000 *O. circumcincta* L₃ kāpuru.

Lai novērtētu invāzijas pakāpi, sākot ar trešo dienu pēc strongilātu kāpuru ievadīšanas spureklī, kazām katru dienu pārbaudīja fekālijas uz *O. circumcincta* olu klātbūtni.

Asins paraugus kazām ņēma piecas reizes pirms dzīvnieku invadēšanas, kā arī piecas reizes trešajā–ceturtajā nedēļā pēc to invadēšanas. Asinīs noteica šādus rādītājus: hematokrītu (PCV), eritrocītu skaitu, hemoglobīna daudzumu, leukocītu skaitu, kā arī leukocitāro formulu. Hematoloģiskie rādītāji noteikti pēc vispārpieņemtajām standartmetodēm.

Hematoloģisko izmeklējumu rezultātu statistiskā apstrāde veikta ar programmas „MC Exel” palīdzību. Katram rādītājam aprēķināta vidējā aritmētiskā vērtība un standartnovirze. Lai salīdzinātu un novērtētu asins rādītāju izmaiņas starp kazu pētījumu

grupām, izmantots F-tests divu paraugkopu dispersiju salīdzināšanai un T-tests divu paraugkopu vidējo vērtību salīdzināšanai ar vienādām vai atšķirīgām dispersijām (Arhipova, Bāliņa, 1998).

Rezultāti un diskusija

Koproloģiskie izmeklējumi parādīja, ka pētījumiem atlasītie dzīvnieki visumā bija uzņēmīgi pret *O. circumcincta* invāziju. Visām kazām trešajā vai ceturtajā nedēļā pēc to eksperimentālas invadēšanas fekālijās konstatējām raksturīgās parazītu olas. Pieaugušiem dzīvniekiem pēc to invadēšanas ar 5000 *O. circumcincta* L₃ kāpuriem parazītu olu daudzums vienā gramā fekāliju variēja robežās no 114 līdz 250. Divus–trīs mēnešus vecajiem kazlēniem invāzijas intensitāte bija neredzama: vienā gramā fekāliju konstatēja no 282 līdz 512 *O. circumcincta* olu. Tas liecina, ka jaundzīvnieki bija uzņēmīgāki pret *O. circumcincta* invāziju nekā pieaugušie dzīvnieki. Tomēr jāatzīmē, ka invadētajiem dzīvniekiem nevienā grupā klīniskās saslimšanas pazīmes netika novērotas.

Pēc dzīvnieku eksperimentālas invadēšanas ar 10 000 *O. circumcincta* L₃ kāpuriem izrādījās, ka pieaugušām kazām šo parazītu olu daudzums vienā gramā fekāliju bija 300–430, bet divus–trīs mēnešus vecajiem kazlēniem attiecīgi vairāk – 511–624. Tomēr arī šajās eksperimentālo dzīvnieku grupās nevienai kazai nenovēroja klīniskās saslimšanas pazīmes. Jāatzīmē, ka visiem dzīvniekiem saglabājās ēstgriba, ķermeņa temperatūra, elpošanas un sirdsdarbības frekvence, kā arī spurekļa kustības kazām bija normas robežās. Tikai vienam kazlēnam atzīmēta fekāliju konsistences maiņa, tās kļuva mīkstākas ar gļotu piejaukumu.

Svarīgi bija noskaidrot, vai un kā dzīvniekiem ar *O. circumcincta* dažādās invāzijas pakāpes atspoguļojas asiņu hematoloģiskajos rādītājos.

Konstatējām, ka pēc dzīvnieku invadēšanas ar 5000 *O. circumcincta* L₃ kāpuriem pieaugušām kazām būtiski ($p < 0.01$) asinīs paaugstinājās gan segmentkodolaino neitrofilo leukocītu skaits (no 39.15% līdz 49.30%), gan eozinofilo leukocītu skaits (attiecīgi no 3.00% līdz 12.30%) (skat. 1. tabulu).

To, ka parazitārās invāzijās dzīvniekiem asinīs novēro eozinofilo leukocītu skaita paaugstināšanos, akcentējuši arī citi autori (Smith, Sherman, 1994; Balic et al., 2000). Bet attiecībā uz segmentkodolaino neitrofilo leukocītu skaita paaugstināšanos asinīs kazām, kas invadētas ar *O. circumcincta* L₃ kāpuriem, jādomā, ka tas saistīts ar organisma reakciju uz *O. circumcincta* L₃ stadijas kāpuru nonākšanu glumeniekā (Scott et al., 1998; Balic et al., 2000).

Pieaugot invāzijas intensitātei dzīvniekos, ko novērojām kazām pēc to eksperimentālas invadēšanas ar 10 000 *O. circumcincta* L₃ kāpuriem, pieaugušiem dzīvniekiem būtiski ($p < 0.01$) samazinājās limfocītu

Hematoloģiskie rādītāji 1–2 gadus vecām kazām pirms un pēc to mākslīgas invadēšanas ar 5000 *O.circumcincta* L₃ kāpuriem
Haematological parameters in 1-2 years old goats before and after their experimental invasion with 5000 *O.circumcincta* L₃ larvae

Hematoloģiskie rādītāji / Haematological parameters	Pirms invadēšanas / Before invasion	Pēc invadēšanas / After invasion	Normatīvie rādītāji / Normative parameters (Smith, Sherman, 1994)
Hematokrīts, 10 ⁻² L ⁻¹ PCV, 10 ⁻² L ⁻¹	30.41 ± 4.14	32.34 ± 5.48	22–38
Eritrocīti, 10 ¹² L ⁻¹ Erythrocytes, 10 ¹² L ⁻¹	11.13 ± 1.98	10.45 ± 0.87	8–18
Hemoglobīns, 10 g L ⁻¹ Haemoglobin, 10 g L ⁻¹	10.08 ± 1.15	10.01 ± 1.32	8–12
Leikocīti, 10 ⁹ L ⁻¹ Leukocytes, 10 ⁹ L ⁻¹	8.67 ± 2.12	7.94 ± 3.13	4–13
Monocīti, % Monocytes, %	3.65 ± 2.76	3.80 ± 2.07	0–4
Limfocīti, % Lymphocytes, %	56.12 ± 10.35	52.55 ± 8.49	50–70
Eozinofīlie leikocīti, % Eosinophils, %	3.00 ± 1.95	12.30 ± 2.41*	1–8
Stabiņkodolainie neitrofilie leikocīti, % Band neutrophils, %	2.70 ± 1.98	3.70 ± 1.59	0
Segmentkodolainie neitrofilie leikocīti, % Segment neutrophils, %	39.15 ± 6.45	49.30 ± 8.90*	30–48

* p<0.01

skaits leikocitārajā formulā – no 52.58% līdz 36.70%, bet eozinofīlo leikocītu daudzums palielinājās no 1.63% līdz 13.20% (2. tabula). Dzīvniekiem paaugstinājās arī neitrofilo segmentkodolaino leikocītu skaits – līdz normas augstākajai robežai.

Jāatzīmē, ka arī pēc pieaugušo kazu eksperimentālas invadēšanas ar 5000 *O.circumcincta* L₃ kāpuriem, limfocītu skaitam asinīs bija tendence pazemināties (skat. 1. tabulu), tomēr tas palika normas robežās. Invadējot pieaugušās kazas ar 10000 *O.circumcincta* L₃ kāpuriem, limfocītu skaits asinīs būtiski (p<0.01) pazeminājās – no 52.58% līdz 36.70%. Tas varētu būt saistīts gan ar zināmu stresu dzīvniekiem, ko izraisījuši parazīti (Smith, Sherman, 1994), gan arī ar iespējamo limfas zudumu gastrointestinālajos audos parazītu ietekmē (Jemeljanovs, Brizule, 1999).

Kas attiecas uz divus līdz trīs mēnešus veciem kazlēniem (3.tabula), tad pēc to eksperimentālas invadēšanas ar 5000 *O.circumcincta* L₃ kāpuriem dzīvniekiem asinīs limfocītu skaits statistiski ticami

paaugstinājās (no 58.60 % līdz 70.35 % (p<0.01)), paaugstinājās arī monocītu daudzums (no 1.95 % līdz 5.95 % (p<0.01)) un segmentkodolaino neitrofilo leikocītu skaits (no 35.85% līdz 55.65 % (p<0.01)). Kā redzams 3. tabulā, ar 5000 *O.circumcincta* L₃ attīstības stadijas kāpuriem invadētiem kazlēniem ļoti krasi bija paaugstinājies arī eozinofīlo leikocītu skaits asinīs – no 1.90% līdz 12.20% (p<0.01).

Tā kā jaundzīvnieki ir salīdzinoši jutīgāki pret gremošanas orgānu strongilātu invāziju nekā pieaugušie indivīdi, tad jādomā, ka monocītu un segmentkodolaino neitrofilo leikocītu paaugstināšanās asinīs tiem vēl vairāk ir saistīta gan ar stresu, gan arī ar *O.circumcincta* L₃ kāpuru migrācijā radušos kairinājumu dzīvnieku glumeniekā (Smith, Sherman, 1994; Balic et al., 2000).

Attiecībā uz limfocītu skaitu asinīs ir jāatzīmē, ka tas jaundzīvniekiem mainās no piedzimšanas brīža līdz pat pieauguša indivīda stadijas sasniegšanai. Kazlēniem piedzimstot, limfocītu skaits asinīs tiem var būt pazemināts, bet, sākot ar trīs mēnešu vecumu, tas

2. tabula / Table 2

**Hematoloģiskie rādītāji 1–2 gadus vecām kazām pirms un pēc to mākslīgas
invadēšanas ar 10 000 *O.circumcincta* L₃ kāpuriem**
**Haematological parameters in 1-2 years old goats before and after their experimental
invasion with 10 000 *O.circumcincta* L₃ larvae**

Hematoloģiskie rādītāji / Haematological parameters	Pirms invadēšanas / Before invasion	Pēc invadēšanas / After invasion	Normatīvie rādītāji / Normative parameters (Smith, Sherman, 1994)
Hematokrīts, 10 ⁻² L ⁻¹ PCV, 10 ⁻² L ⁻¹	25.87 ± 5.47	35.84 ± 4.34	22–38
Eritrocīti, 10 ¹² L ⁻¹ Erythrocytes, 10 ¹² L ⁻¹	8.86 ± 0.90	10.30 ± 0.82	8–18
Hemoglobīns, 10 g L ⁻¹ Haemoglobin, 10 g L ⁻¹	9.04 ± 0.85	10.80 ± 0.92	8–12
Leikocīti, 10 ⁹ L ⁻¹ Leukocytes, 10 ⁹ L ⁻¹	7.77 ± 3.10	8.68 ± 2.06	4–13
Monocīti, % Monocytes, %	0.63 ± 0.74	2.40 ± 0.52	0–4
Limfocīti, % Lymphocytes, %	52.58 ± 2.05	36.70 ± 6.46 *	5–70
Eozinofīlie leikocīti, % Eosinophils, %	1.63 ± 0.74	13.20 ± 2.86*	1–8
Stabiņkodolainie neitrofilie leikocīti, % Band neutrophils, %	0.25 ± 0.46	1.30 ± 1.06	0
Segmentkodolainie neitrofilie leikocīti, % Segment neutrophils, %	31.46 ± 1.79	47.30 ± 9.36	30–48

* p<0.01

sasniedz jau aptuveno pieaugušām kazām raksturīgo skaitu (Smith, Sherman, 1994). Tomēr mūsu gadījumā limfocītu skaita paaugstināšanās invadēto kazlēnu asinīs noteikti bija saistīta ar organisma atbildes reakciju uz parazitāro invāziju, ko apliecina arī literatūras dati (Scott et al., 1998; Balic et al., 2000; Hertzberg, Bauer, 2000; Jasmer et al., 2007).

Kazlēnus eksperimentāli invadējot ar lielāku skaitu (10 000) *O.circumcincta* trešās attīstības stadijas kāpuriem, novērojām, ka limfocītu skaits paaugstinājās no 61.40% līdz 73.42% (p<0.01), bet eozinofilo leikocītu daudzums – attiecīgi no 2.13% līdz 14.00% (skat. 4. tabulu).

Tātad, pēc eksperimentālas kazlēnu invadēšanas ar 10 000 *O.circumcincta* L₃ attīstības stadijas kāpuriem eozinofilo leikocītu un limfocītu skaita paaugstināšanās asinīs bija aptuveni līdzīga tai, kādu to novērojām pēc invadēšanas ar 5000 L₃ attīstības stadijas kāpuriem.

Tomēr, ja salīdzinām limfocītu skaita dinamiku asinīs pieaugušiem invadētiem dzīvniekiem un

eksperimentāli invadētiem kazlēniem, tad novērojām kādu būtisku atšķirību. Pieaugušām kazām pēc to mākslīgas invadēšanas ar 10 000 *O.circumcincta* L₃ attīstības stadijas kāpuriem, limfocītu skaits asinīs būtiski pazeminājās, bet divus līdz trīs mēnešus veciem kazlēniem gan pēc to invadēšanas ar 5000 *O.circumcincta* L₃ attīstības stadijas kāpuriem, gan attiecīgi ar 10 000 *O.circumcincta* L₃ kāpuriem atzīmējām būtisku limfocītu skaita paaugstināšanos asinīs (p<0.01). Šādas limfocītu skaita atšķirības visticamāk parāda jaundzīvnieku imūnsistēmas aktīvāku reakciju pret eksperimentāli izraisīto gremošanas trakta invāziju (Scott et al., 1998; Balic et al., 2000).

Kas attiecas uz eozinofilo leikocītu daudzumu asinīs, tad literatūras dati liecina, ka to skaita paaugstināšanās helmintožu gadījumos ir viens no būtiskākajiem hematoloģiskajiem rādītājiem (Smith, Sherman, 1994; Balic et al., 2000; Hertzberg, Bauer, 2000). Arī mūsu pētījumā iegūtie rezultāti liecināja, ka gan pieaugušām kazām, gan divus–trīs mēnešus

Hematoloģiskie rādītāji 2–3 mēnešus veciem kazlēniem pirms un pēc to mākslīgas invadēšanas ar 5000 *O.circumcincta* L₃ kāpuriem
Haematological parameters in 2-3 months old kids before and after their experimental invasion with 5000 *O.circumcincta* L₃ larvae

Hematoloģiskie rādītāji / Haematological parameters	Pirms invadēšanas / Before invasion	Pēc invadēšanas / After invasion	Normatīvie rādītāji / Normative parameters (Smith, Sherman, 1994)
Hematokrits, 10 ⁻² L ⁻¹ PCV, 10 ⁻² L ⁻¹	30.55 ± 5.62	33.11 ± 5.69	22–38
Eritrocīti, 10 ¹² L ⁻¹ Erythrocytes, 10 ¹² L ⁻¹	10.65 ± 2.21	8.98 ± 2.05	8–18
Hemoglobīns, 10 g L ⁻¹ Haemoglobin, 10 g L ⁻¹	9.09 ± 0.89	10.53 ± 1.01	8–12
Leikocīti, 10 ⁹ L ⁻¹ Leukocytes, 10 ⁹ L ⁻¹	7.94 ± 2.19	10.30 ± 2.53	4–13
Monocīti, % Monocytes, %	1.95 ± 0.94	5.95 ± 3.25*	0–4
Limfocīti, % Lymphocytes, %	58.60 ± 10.54	70.35 ± 7.21*	50–70
Eozinofīlie leikocīti, % Eosinophils, %	1.90 ± 1.21	12.20 ± 2.40*	1–8
Stabiņkodolainie neitrofilie leikocīti, % Band neutrophils, %	2.45 ± 1.64	1.60 ± 1.50	0
Segmentkodolainie neitrofilie leikocīti, % Segment neutrophils, %	35.85 ± 10.17	55.65 ± 13.12*	30–48

* p<0.01

veciem kazlēniem pēc to mākslīgas invadēšanas ar 5000 un 10 000 *O.circumcincta* L₃ attīstības stadijas kāpuriem eozinofilo leikocītu skaits asinīs bija būtiski paaugstināts.

Segmentkodolaino neitrofilo leikocītu un monocītu skaita rādītāju izmaiņas asinīs gan pieaugušiem dzīvniekiem, gan jaundzīvniekiem vistīkāmāk bija saistītas ar organisma aizsargreakciju, kas radusies, *O.circumcincta* L₃ attīstības stadijas kāpuriem migrējot glumeniekā. Jāatzīmē, ka segmentkodolaino neitrofilo leikocītu skaits asinīs paaugstinājās tikai pēc eksperimentālas dzīvnieku invadēšanas ar 5000 *O.circumcincta* L₃ attīstības stadijas kāpuriem gan pieaugušām kazām, gan arī divus–trīs mēnešus veciem kazlēniem.

Monocītu skaita paaugstināšanos asinīs novērojām tikai divus–trīs mēnešus veciem kazlēniem pēc to eksperimentālas invadēšanas ar 5000 *O.circumcincta* L₃ attīstības stadijas kāpuriem. Tā acīmredzot bija kazlēnu organisma atbildes reakcija uz parazitāro

invāziju (Jemeljanovs, Brizule, 1999). Nobeidzot vēlamies vēlreiz uzsvērt, ka bieži sastopamā kazu invadēšanās ar gremošanas trakta veltnārpjiem izraisa tām būtiskas hematoloģisko rādītāju izmaiņas – pat ja invāzija vēl nav radījusi dzīvniekiem klīniskās saslimšanas pazīmes.

Secinājumi

1. Divus–trīs mēnešus veci kazlēni ir uzņēmīgāki pret invadēšanu ar *O.circumcincta* L₃ attīstības stadijas kāpuriem, salīdzinot ar vienu–divus gadus veciem dzīvniekiem.
2. Mākslīga kazu invadēšana ar 5000/10000 *O.circumcincta* L₃ attīstības stadijas kāpuriem neizraisīja dzīvniekiem klīniskas saslimšanas pazīmes.
3. Invadēšanās gadījumos ar *O.circumcincta* veltnārpjiem kazām asinīs izmainās atsevišķi hematoloģiskie rādītāji. Būtiski palielinās eozinofilo leikocītu daudzums – no 1.63%–3.00% līdz 12.20%–14.00% (p<0.01),

4. tabula / Table 4

**Hematoloģiskie rādītāji 2–3 mēnešus veciem kazlēniem pirms un pēc to mākslīgas
invadēšanas ar 10 000 *O.circumcincta* L₃ kāpurēm
Haematological parameters in 2-3 months old kids before and after their experimental
invasion with 10 000 *O.circumcincta* L₃ larvae**

Hematoloģiskie rādītāji / Haematological parameters	Pirms invadēšanas / Before invasion	Pēc invadēšanas / After invasion	Normatīvie rādītāji / Normative parameters (Smith, Sherman, 1994)
Hematokrīts, 10 ⁻² L ⁻¹ PCV, 10 ⁻² L ⁻¹	30.41 ± 4.50	34.52 ± 1.39	22–38
Eritrocīti, 10 ¹² L ⁻¹ Erythrocytes, 10 ¹² L ⁻¹	10.99 ± 2.88	9.00 ± 1.50	8–18
Hemoglobīns, 10 g L ⁻¹ Haemoglobin, 10 g L ⁻¹	9.70 ± 1.03	10.00 ± 1.36	8–12
Leikocīti, 10 ⁹ L ⁻¹ Leukocytes, 10 ⁹ L ⁻¹	9.29 ± 2.34	10.00 ± 2.30	4–13
Monocīti, % Monocytes, %	2.25 ± 0.89	3.00 ± 1.16	0–4
Limfocīti, % Lymphocytes, %	61.40 ± 5.33	73.42 ± 1.62*	50–70
Eozinofīlie leikocīti, % Eosinophils, %	2.13 ± 0.64	14.00 ± 3.02*	1–8
Stabiņkodolainie neitrofīlie leikocīti, % Band neutrophils, %	1.38 ± 1.06	0.92 ± 0.67	0
Segmentkodolainie neitrofīli leikocīti, % Segment neutrophils, %	35.90 ± 4.72	35.33 ± 4.83	30–48

* p<0.01

bet limfocītu daudzuma izmaiņas asinīs ir saistītas ar dzīvnieku vecumu: pieaugušiem dzīvniekiem pēc invadēšanas limfocītu skaits asinīs samazinājās, bet kazlēniem, tieši pretēji, paaugstinājās. Jaundzīvniekiem pēc 5000 *O.circumcincta* L₃ attīstības stadijas kāpuru ievadīšanas asinīs paaugstinājās arī monocītu un segmentkodolaino neitrofīlo leikocītu daudzums.

Literatūra

- Arhipova, I., Bāliņa, S. (1998) *Statistika ar microsoft excel ikvienam*, 1. daļa. Rīga, Datorzinību centrs, 163 lpp.
- Balic, A., Vernon, M.B., Meeusen, N.T. (2000) The immunobiology of gastrointestinal nematode infections in ruminants. *Advances in parasitology*, 45, pp. 183-219.
- Charleston, W. (1965) Pathogenesis of experimental haemonchosis in sheep, with special reference to the development of resistance. *J. Comp. Pathol*, 75, pp. 55-67.
- Hansen, J., Perry, B. (1994) *The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants*. Nairobi: Ilrad, 171 pp.
- Hertzberg, H., Bauer, C. (2000) Anthelmintic resistance in gastrointestinal Strongylidae in sheep and goats: new data on prevalence, epidemiology, preventive measures and alternatives to anthelmintic drugs. *Berliner und Munchener tierarztliche Wochenschrift*, 113 (4), pp. 122-128.
- Hoste, H., Frileux, Y., Pommaret, A. (2001) Distribution and repeatability of faecal egg counts and blood parameters in dairy goats naturally infected with gastrointestinal nematodes. *Research in Veterinary Science*, 70, pp. 57-60.
- Jasmer, D.P., Lahmers, K.K., Brown, W.C. (2007) *Haemonchus contortus* intestine: a prominent source of mucosal antigens. *Parasite Immunology*, 29 (3), pp. 139-151.
- Jemeljanovs, Ļ., Brizule, A. (1999) *Iekšķīgo slimību laboratoriskā diagnostika*. LLU

- Veterinārmedicīnas fakultāte, 61 lpp.
9. Patterson, D.M., Jackson, F., Huntley, J.F., Stevenson, L.M., Jones, D.G., Jackson, E., Russel, A.J. (1996) The response of breeding doses to nematodiasis: segregation into "responders" and "non-responders". *Research international journal for parasitology*, 26 (11), pp. 1295-1303.
 10. Salman, S. K., Duncan, J.L. (1984) The abomasal histology of worm-free sheep given primary and challenge infections of *Haemonchus contortus*. *Vet. Parasitol.*, 16, pp. 43-54.
 11. Scott, I. (1998) Infection of sheep with adult and larval *O.circumcincta*: abomasal morphology. *International Journal for Parasitology*, 28, pp. 1383-1392.
 12. Smith, M.C., Sherman, D.M. (1994) *Goats medicine*. Philadelphia et al.: Lea&Febiger, 620 pp.
 13. Stevenson, L. M. (1994) Local eosinophil and mast cell related responses in abomasal nematode infections of lambs. *FEMS Immunology and*

Dažu rentgenomorfometrisko parametru salīdzinošs vērtējums gūžu locītavu displāzijas diagnostikā suņiem

A Comparative Assessment of Some X-ray Morphometrical Criteria for Hip Dysplasia Diagnostics in Dogs

Oskars Kozinda, Zigmunds Brūveris

LLU Veterinārmedicīnas fakultātes Klīniskais institūts
Clinical Institute, Faculty of Veterinary Medicine, LLU

Abstract. The objective of the investigation was to make a diagnosis of hip dysplasia as objective and precise as possible by using several x-ray morphometrical measurements, to make a comparative analysis of the measurements by using linear regression analysis, and finally to calculate the value of the obtained parameters and ranks. In total, 36 radiograms of Rottweiler breed dogs and 24 radiograms of other breed dogs of different ages and both sexes, which belonged to owners, were used for the research. In each of the radiogram, 6 morphometrical measurements of the right and left hip joint were made: the Norberg angle, the inclination angle, the tangential angle, the geometrical centre placement of the CFH, the width of the lateral joint fissure (cleft, slit, and gap), and the width of the medial joint fissure (cleft, slit, and gap). The obtained results suggest that in order to make the diagnosis in dogs of Rottweiler breed, the most essential parameters are the tangential angle, the geometrical centre placement of the CFH, and the Norberg angle, but in dogs of other breeds – the Norberg angle, the inclination angle, the geometrical centre placement of the CFH, and the width of the lateral joint fissure.

Key words: hip dysplasia, dog, breed, measurements.

Ievads

Gūžu locītavu displāzija (GLD) ir viena no aktuālākajām ortopēdiskajām problēmām, kas jārisina mazo dzīvnieku veterinārārstiem (Alexander, 1992; Kapatkin et al., 2004; Impellizeri et al., 2000).

Kāpēc suņiem šī problēma ir tik svarīga? Galvenokārt tāpēc, ka gūžu locītavas ir tās anatomiskās struktūras, kas notur gandrīz pusi no suņa kaudālās ķermeņa daļas masas (Morgan, Stephens, 1988; Tamilson, Laughing, 1995; Cook et al., 1996).

Pēc OFA (Ortopedical Foundation for Animals) publicētiem datiem laikā no 1974. līdz 1991. gadam apsekotiem 37 497 rotveileru šķirnes suņiem 23.3% gadījumu bija gūžu locītavu displāzija. Lietuvā veiktos pētījumos no 1999. līdz 2003. gadam 1727 izmeklētiem suņiem 714 gadījumos jeb 41.3% konstatēta GLD (Kvalkauskas, 2004). Par problēmas nopietnību liecina arī pētījums, kurā GLD pārmantojamība konstatēta 14 paaudzēs (Плахотин и др., 1990).

GLD diagnostiku būtiski apgrūtina fakts, ka suņiem 4-8 mēnešu vecumā gūžu locītavas vēl nav pilnīgi izveidojušās, tādēļ rentgenodiagnostiskie rādītāji var būt dažādi interpretēti (Morgan, Stephens, 1988; Lust et al., 2001).

Nemot vērā šo faktoru, rentgenogrammu analīzei un novērtēšanai ir izstrādāti un ieteikti vairāki kritēriji. Tie galvenokārt pamatojas uz gūžas locītaviedobuma, ciskas kaula galvas un ciskas kaula kakla savstarpējā stāvokļa un leņķojuma mērījumiem, nosakot to

parametrus normā un gūžu displāzijas gadījumā (Morgan, Stephens, 1988; Mayhew et al., 2002; Powers et al., 2004).

Darba mērķis:

- 1) noteikt šādus gūžu locītavu morfometriskos parametrus 36 rotveileru šķirnes suņiem un 24 citu šķirņu suņiem: Norberga leņķi, ciskas kaula kakla inklinācijas leņķi, ciskas kaula galvas ģeometriskā centra novietojumu, tangenciālo leņķi, laterālo locītavas spraugas platumu un mediālo locītavas spraugas platumu;
- 2) novērtēt iepriekšminēto parametru nozīmīgumu GLD diagnozes precizēšanā.

Materiāls un metodes

Pētījumā izmantoti īpašniekiem piederoši dažāda vecuma un abu dzimumu 36 rotveileru šķirnes suņi (32 no tiem nebija sasnieguši 1 gada vecumu) un 24 citu šķirņu suņi (15 no tiem nebija sasnieguši 1 gada vecumu) ar klīniski izteiktu dažādas pakāpes klibumu. Suņus izmeklēja klīniski un tiem veica gūžu locītavu rentgenogrāfiju atbilstoši Starptautiskās Kinoloģijas federācijas (FCI) prasībām (Brass, Paatsama, 1983).

Pirms rentgenogrāfiskās izmeklēšanas dzīvniekus anestezēja, izmantojot i.v. 100 mg ml⁻¹ ketamīna un 5 mg ml⁻¹ diazepāma kombināciju (ar aprēķinu 1 ml uz 10 kg dzīvmasas), un tos fiksēja ventrodorsālajā pozīcijā ar izstieptām un paralēli novietotām pakājkājām.

Lai noteiktu gūžu locītavu rentgenomorfometriskos parametrus, sākumā tika noteikts ciskas kaula galvas

ģeometriskais centrs, ciskas kaula kakla un ciskas kaula ģeometriskās viduslīnijas, kā arī ķermeņa garenvirziena ass viduslīnija.

Pēc tam tika noteikti šādi gūžu locītavu parametri: Norberga leņķis (X_1), inklinācijas leņķis (X_2), tangenciālais leņķis (X_3), ciskas kaula galvas (CKG) ģeometriskā centra novietojums (X_4), laterālais locītavas spraugas platums (X_5), mediālais locītavas spraugas platums (X_6) un dzīvnieka vecums (X_0).

Rotveileru un pārējo šķirņu suņiem sākumā pārbaudīja, vai GLD diagnoze ir atkarīga no visu parametru vērtējumiem (mērījumiem).

X_0 un $X_1, \dots, X_6$ bija parametru mērījumi labajai un kreisajai gūžu locītavai. Tā kā pavisam tika pārbaudīti 36 rotveileru šķirnes suņi, tad šajā suņu grupā katrai pazīmei bija ne vairāk par 72 mērījumiem un rezultātā tika sagatavotas 62 mērījumu grupas, jo atsevišķiem parametriem trūka dažu vērtību. Citu šķirņu suņiem katram gūžu locītavas parametram bija ne vairāk par 48 mērījumiem, jo pavisam tika pārbaudīti 24 citu šķirņu suņi. Tā kā atsevišķām pazīmēm trūka dažu vērtību, tika sagatavotas 46 mērījumu grupas.

Par rezultatīvo pazīmi Y tika pieņemts suņa veselības statuss, kuram ir trīs vērtības: 0 – suns vesels, 1 – suns viļņpusēji slims, 2 – suns abpusēji slims.

Rentgenomorfometrisko parametru daudzfaktoru regresijas analīzes rezultāti rotveileru šķirnes suņiem

Lai veiktu šo pārbaudi, ir nozīmīgi izmantot labās un kreisās gūžu locītavas mērījumu rezultātus.

Par faktoriem tika pieņemti: vecums mēnešos (X_0), labās puses pazīmes (LX_1-LX_6) un kreisās puses pazīmes (KX_1-KX_6).

Katrai pazīmei bija ne vairāk par 36 vērtībām/mērījumiem rotveileru šķirnes suņiem un ne vairāk par 24 vērtībām/mērījumiem pārējo šķirņu suņiem. Rezultatīvai pazīmei Y tika pieņemtas trīs vērtības: 0 – suns vesels; 1 – suns viļņpusēji slims (suns unilaterāli slims); vai 2 – suns abpusēji slims (suns bilaterāli slims).

Tika pārbaudīts, vai Y ir lineāri atkarīgs no visām pazīmēm. Daudzfaktoru lineārās regresijas analīzē tika konstatēts, ka korelācijas koeficients $r = 0.7532$, bet determinācijas koeficients $R^2 = 0.5673$.

Determinācijas koeficients liecināja, ka tikai aptuveni 57% gadījumu no diagnozes var aprakstīt ar novērtēto daudzfaktoru lineāro regresiju. Šāds rezultāts nav apmierinošs, jo rāda, ka eksistē vidēja lineāra daudzfaktoru sakarība, turklāt visas pazīmes ir ar atšķirīgu nozīmi (1. tabula).

1. tabulā redzams, ka tangenciālā leņķa pazīme X_3 ir būtiska ar 95% varbūtību, pazīmes X_5 (laterālais locītavas spraugas platums) un X_6 (mediālais locītavas spraugas platums) – ar 90% varbūtību, bet pazīme X_1 (Norberga leņķis) – tikai ar 80% varbūtību.

Daudzfaktoru regresijas analīze labās un kreisās gūžas locītavas parametriem parādīja, ka starp slimības diagnozi un pārējām pazīmēm pastāv cieša lineāra sakarība: $r = 0.86$ un determinācijas koeficients $R^2 = 0.74$ (2. tabula). Iegūtais vienādojums apskata 74% no visiem mērījumiem. Visbūtiskākā pazīme ir mediālais locītavas spraugas platums KX_6 ar varbūtību 95%.

Pazīmes tika sakārtotas pēc nozīmes dilstošā kārtībā un tām tika piešķirti atbilstoši rangi. Pēc tam vienādām pazīmēm tika aprēķināti vidējie rangi (3. tabula).

Tabula 1 / Table 1

Regresijas analīze gūžu locītavu parametriem rotveileru šķirnes suņiem Regression analysis of hip joint parameters in Rottweiler breed dogs

Parametrs / Parameter	Koeficients / Coefficients	Standartklūda / Standard error	t-statistika / t-statistics	p vērtība / p value
Brīvais loceklis / Intercept	1.0579	0.8595	1.23	0.224
X_1 Norberga leņķis / X_1 Norberg angle	-0.0089	0.0065	-1.36	0.180
X_2 inklinācijas leņķis / X_2 inclination angle	0.0030	0.0038	0.79	0.432
X_3 tangenciālais leņķis / X_3 tangential angle	0.0067	0.0028	2.36	0.022
X_4 CKG ģeometriskā centra novietojums / X_4 geometrical centre placement of the CFH	-0.0219	0.0247	-0.89	0.380
X_5 laterālais locītavas spraugas platums / X_5 lateral joint gap	-0.0931	0.0517	-1.80	0.077
X_6 mediālais locītavas spraugas platums / X_6 medial joint gap	0.0881	0.0517	1.70	0.094
X_0 vecums / X_0 age	-0.0052	0.0159	-0.33	0.743

Tabula 2 / Table 2

Regresijas analīze labās un kreisās gūžas locītavai rotveileru šķirnes suņiem
Regression analysis of right and left hip joint in Rottweiler breed dogs

Parametrs / Parameter	Koeficients / Coefficient	Standartklūda / Standard error	t-statistika / t-statistics	p vērtība / p value	Rangs* / Rank*
Brīvais loceklis / Intercept	-2.6415	5.6780	-0.46	0.648	–
X ₀ vecums / X ₀ age	-0.0250	0.0433	-0.58	0.572	9
LX ₁ Norberga leņķis / LX ₁ Norberg angle	-0.0153	0.0213	-0.72	0.481	8
LX ₂ inklinācijas leņķis / LX ₂ inclination angle	-0.0089	0.0172	-0.52	0.612	10
LX ₃ tangenciālais leņķis / LX ₃ tangential angle	0.0127	0.0104	1.22	0.240	3
LX ₄ CKG ģeometriskā centra novietojums / LX ₄ geometrical centre placement of the CFH	0.0053	0.0677	0.08	0.939	13
LX ₅ laterālais locītavas spraugas platums / LX ₅ lateral joint gap	-0.0868	0.2360	-0.37	0.717	11
LX ₆ mediālais locītavas spraugas platums / LX ₆ medial joint gap	-0.1217	0.1454	-0.84	0.414	7
KX ₁ Norberga leņķis / KX ₁ Norberg angle	0.0340	0.0361	0.94	0.359	6
KX ₂ inklinācijas leņķis / KX ₂ inclination angle	0.0209	0.0159	1.31	0.206	2
KX ₃ tangenciālais leņķis / KX ₃ tangential angle	0.0085	0.0085	0.99	0.332	5
KX ₄ CKG ģeometriskā centra novietojums / KX ₄ geometrical centre placement of the CFH	-0.1556	0.1405	-1.11	0.284	4
KX ₅ laterālais locītavas spraugas platums / KX ₅ lateral joint gap	0.0268	0.1771	0.15	0.881	12
KX ₆ mediālais locītavas spraugas platums / KX ₆ medial joint gap	0.4367	0.1936	2.26	0.037	1

* – Ranžējums pēc būtiskuma līmeņa (p vērtība) / Ranking based on significance (p value)

Tātad Rotveileru šķirnes suņiem visbūtiskākās pazīmes GLD diagnostikā ir tangenciālais leņķis X₃ un mediālais locītavas spraugas platums X₆, tam seko inklinācijas leņķis X₂ un Norberga leņķis X₁, un pēc tam – CKG ģeometriskā centra novietojums X₄, vecums X₀ un laterālais locītavas spraugas platums X₅.

Rentgenomorfometrisko parametru daudzfaktoru regresijas analīzes rezultāti citu šķirņu suņiem

Analoģiski kā rotveileru šķirnes suņiem tika pārbaudīts, vai pārējo šķirņu suņu veselības stāvoklis (Y) ir atkarīgs no izvēlētajiem pētāmajiem

parametriem. Daudzfaktoru lineārās regresijas analīze deva šādus rezultātus (Arhipova et al., 1998; Christensen, 1996): korelācijas koeficients $r = 0.7432$, bet determinācijas koeficients $R^2 = 0.5524$.

Determinācijas koeficients parādīja, ka tikai aptuveni 55% gadījumu no diagnozes var aprakstīt ar novērtēto daudzfaktoru lineāro regresiju. Šāds rezultāts nav apmierinošs, jo liecina, ka eksistē vidēja lineāra daudzfaktoru sakarība, turklāt visām pazīmēm ir atšķirīga nozīme.

4. tabulā redzams, ka Norberga leņķa pazīme X₁ ir būtiska ar 99% varbūtību, bet pārējām pazīmēm būtiskuma līmenis ir zems (p vērtība > 0.05).

Tabula 3 / Table 3

**Rentgenomorfometrisko parametru ranžējums pēc faktoru būtiskuma
rotweileru šķirnes suņiem GLD diagnostikā**
**Ranking of x-ray morphometrical parameters according to
factor significance in Rottweiler breed dogs in hip dysplasia diagnostics**

Parametrs / Parameter	Vidējais rangs / Average rank
X ₀ vecums / X ₀ age	4.5
X ₁ Norberga leņķis / X ₁ Norberg angle	3.5
X ₂ inklinācijas leņķis / X ₂ inclination angle	3
X ₃ tangenciālais leņķis / X ₃ tangential angle	2
X ₄ CKG ģeometriskā centra novietojums / X ₄ geometrical centre placement of the CFH	4.25
X ₅ laterālais locītavas spraugas platums / X ₅ lateral joint gap	5.75
X ₆ mediālais locītavas spraugas platums / X ₆ medial joint gap	2

Tabula 4 / Table 4

Regresijas analīze gūžas locītavu parametriem citu šķirņu suņiem
Regression analysis of hip joint parameters in other breed dogs

Parametrs / Parameter	Koeficients / Coefficient	Standart- klūda / Standard error	t-statistika / t-statistics	p vērtība / p value	Rangs* / Rank*
Brīvais loceklis / Intercept	5.1783	1.4359	3.61	0.001	–
X ₀ vecums / X ₀ age	-0.0030	0.0091	-0.28	0.784	6
X ₁ Norberga leņķis / X ₁ Norberg angle	-0.0470	0.0095	-4.99	1.35E-05	1
X ₂ inklinācijas leņķis / X ₂ inclination angle	0.0015	0.0062	0.24	0.809	7
X ₃ tangenciālais leņķis / X ₃ tangential angle	-0.0030	0.0044	-0.70	0.485	3
X ₄ CKG ģeometriskā centra novietojums / X ₄ geometrical centre placement of the CFH	0.0359	0.0307	1.17	0.249	2
X ₅ laterālais locītavas spraugas platums / X ₅ lateral joint gap	-0.0420	0.0885	-0.47	0.638	5
X ₆ mediālais locītavas spraugas platums / X ₆ medial joint gap	-0.0380	0.0696	-0.54	0.592	4

* – Ranžējums pēc būtiskuma līmeņa (p vērtība) / Ranking based on significance (p value)

Labās un kreisās gūžu locītavas parametru daudzfaktoru regresijas analīze rādīja, ka korelācijas koeficients $r = 0.87$ un determinācijas

koeficients $R^2 = 0.77$. Tas nozīmē, ka starp slimības diagnozi un pārējām pazīmēm pastāv cieša lineāra sakarība. Iegūtais vienādojums apskata 77% no

Tabula 5 / Table 5

Regresijas analīze kreisās un labās gūžas locītavai citu šķirņu suņiem
Regression analysis of right and left hip joint in other breed dogs

Parametrs / Parameter	Koeficients / Coefficient	Standart- klūda / Standard error	t-statistika / t-statistics	p vērtība / p value	Rangs* / Rank*
Brīvais loceklis / Intercept	13.161	5.9516	2.21	0.058	–
X ₀ vecums / X ₀ age	0.0117	0.0305	0.38	0.711	9
LX ₁ Norberga leņķis / LX ₁ Norberg angle	-0.072	0.0456	-1.57	0.155	1
LX ₂ inklinācijas leņķis / LX ₂ inclination angle	-0.025	0.0256	-0.98	0.354	5
LX ₃ tangenciālais leņķis / LX ₃ tangential angle	0.0101	0.0255	0.40	0.701	8
LX ₄ CKG ģeometriskā centra novietojums / LX ₄ geometrical centre placement of the CFH	0.2398	0.1921	1.25	0.247	3
LX ₅ laterālais locītavas spraugas platums / LX ₅ lateral joint gap	-0.672	0.4405	-1.53	0.165	2
LX ₆ mediālais locītavas spraugas platums / LX ₆ medial joint gap	0.1665	0.2180	0.76	0.467	7
KX ₁ Norberga leņķis / KX ₁ Norberg angle	-0.044	0.0369	-1.19	0.266	4
KX ₂ inklinācijas leņķis / KX ₂ inclination angle	0.023	0.0292	0.79	0.454	6
KX ₃ tangenciālais leņķis / KX ₃ tangential angle	0.0035	0.0113	0.31	0.763	10
KX ₄ CKG ģeometriskā centra novietojums / KX ₄ geometrical centre placement of the CFH	-0.022	0.1071	-0.20	0.842	12
KX ₅ laterālais locītavas spraugas platums / KX ₅ lateral joint gap	-0.012	0.3312	-0.03	0.972	13
KX ₆ mediālais locītavas spraugas platums / KX ₆ medial joint gap	-0.124	0.4818	-0.26	0.804	11

* – Ranžējums pēc būtiskuma līmeņa (p vērtības) / Ranking based on significance (p value)

visiem mērījumiem, pie tam visbūtiskākā pazīme bija labās gūžas locītavas Norberga leņķis LX₁ ar p = 75% (5. tabula).

Lai aprēķinātu vidējo rangu vienādām pazīmēm, tās tika sakārtotas pēc nozīmes dilstošā secībā un tām tika piešķirti atbilstoši rangi (6. tabula). Tātad šai suņu grupai visbūtiskākās pazīmes ir Norberga leņķis X₁ un tangenciālais leņķis X₂. Mazāk nozīmīgāki parametri ir CKG ģeometriskā centra novietojums X₄ un laterālais locītavas spraugas platums X₅.

Diskusija

Savstarpēji salīdzinot mērījumu vērtības rotveileru un pārējo šķirņu suņiem, pazīmju prioritātēs novērojamas atšķirības. Rotveileru šķirnes suņiem pēc veiktās lineārās regresijas analīzes datiem būtiska pazīme ir tangenciālā leņķa lielums X₃, tam seko mediālās locītavas spraugas platums (X₅) un Norberga leņķa (X₁) lielums. Pārējo šķirņu suņiem būtiska pazīme ir Norberga leņķa lielums (X₁), tam seko inklinācijas leņķa lielums (X₂), ciskas kaula galvas ģeometriskā centra

Tabula 6 / Table 6

**Rentgenomorfometrisko parametru ranžējums pēc faktoru būtiskuma
citu šķirņu suņiem GLD diagnostikā**
**Ranking of x-ray morphometrical parameters according to factor significance in
other breed dogs in hip dysplasia diagnostics**

Parametrs / Parameter	Vidējais rangs / Average rank
Brīvais loceklis / Intercept	–
X ₀ vecums / X ₀ age	4.5
X ₁ Norberga leņķis / X ₁ Norberg angle	1.25
X ₂ inklinācijas leņķis / X ₂ inclination angle	2.75
X ₃ tangenciālais leņķis / X ₃ tangential angle	4.5
X ₄ CKG ģeometriskā centra novietojums / X ₄ geometrical centre placement of the CFH	3.75
X ₅ laterālais locītavas spraugas platums / X ₅ lateral joint gap	3.75
X ₆ mediālais locītavas spraugas platums / X ₆ medial joint gap	4.5

novietojums (X₄) un laterālais locītavas spraugas platums (X₅).

Lai gan pēc FCI 1983. gadā pieņemtajiem kritērijiem Norberga leņķa lielums ir viens no universālākajiem morfometriskajiem parametriem GLD diagnostikā (Morgan, Stephens, 1988; Banfield, Bartels 1996; Slatter, 1985; Whittick, 1974; Cook *et al.*, 1996), mūsu pētījumos konstatēts, ka būtiskākā pazīme rotveileru šķirnes suņiem ir tangenciālā leņķa lielums, kas norāda uz GLD. Izmantojot V. Mitina izveidoto skiagrammu, Plahotins u.c. (Плаhotин и др., 1990) norāda, ka normatīviem atbilstošs ir negatīvs tangenciālais leņķis, bet patoloģiju gadījumos tangenciālais leņķis ir pozitīvs (leņķu lielumi nav norādīti). Pēc lineārās regresijas analīzes veikšanas var apgalvot, ka šim mērījumam ir nozīme GLD diagnostikā, bet tā nav pietiekami informatīva, lai to varētu izmantot kā vienīgo pazīmi slimības diagnostikā. Tangenciālais leņķis kā morfometriskais mērījums jeb pazīme izmantojams tikai kopā ar citām pazīmēm diagnozes apstiprināšanai.

Secinājumi

1. Izmeklētajiem rotveileru šķirnes suņiem 86% gadījumu un citu šķirņu suņiem 62% gadījumu dzīvnieki nebija sasnieguši viena gada vecumu.
2. Rotveileru šķirnes suņiem būtiskākais morfometriskais mērījums, kas norāda uz GLD, bija tangenciālā leņķa lielums, lai gan saskaņā ar FCI apstiprinātajām prasībām kā galvenais

morfometriskais rādītājs GLD diagnostikā tiek izmantots Norberga leņķa lielums.

3. Citu šķirņu suņiem apstiprinājās, ka būtiskākais morfometriskais mērījums GLD diagnostikā ir Norberga leņķa lielums.
4. Inklinācijas leņķa, laterālās un mediālās gūžu locītavas spraugas platuma rādītājiem nebija izteiktas GLD diagnostiskās vērtības, bet tie var norādīt uz turpmākām izmaiņām gūžu locītavās.

Literatūra

1. Alexander, J. (1992) The pathogenesis of canine hip dysplasia. *Canine hip dysplasia. The Veterinary clinics of North America. Small Animal practice*, 22 (3), pp. 503-595.
2. Arhipova, I., Ramute, L., Paura, L. (1998) *Datu statistiskā apstrāde ar MS Excel: mācību līdzeklis studentiem*. Jelgava: LLU, 158 lpp.
3. Banfield, C., Bartels, J. (1996) A Retrospective Study of Canine Hip Dysplasia in 116 Military Working Dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 32(5), pp. 413-430.
4. Brass, W., Paatsama, S. (1983) *Hip dysplasia – International Certificate and Evaluation of Radiographs*. Helsinki, 25 pp.
5. Christensen, R. (1996) *Analysis of variance. Design and Regression. Applied statistical methods*. Published by Chapman & Hall, London, 587 pp.

6. Cook, J., Tomilson, J., Constantinesark, G. (1996) Pathophysiology, Diagnosis and Treatment of Canine Hip Dysplasia. *Compendium on continuing education*, 18 (8), pp. 853-868.
7. Impellizeri, J.A., Tetrack, M.A., Muir, P. (2000) Effect of weight reduction on clinical signs of lameness in dogs with hip osteoarthritis. *JAVMA*, 216, pp. 1089-1091.
8. Kapatkin, A.S., Gregor, T.P., Hearon, K., Richardson, W., McKelvie, P., Fordyce, H., Smith, G. (2004) Comparison of two radiographic techniques for evaluation of hip joint laxity in 10 breeds of dogs. *JAVMA*, 224 (4), pp. 542-546.
9. Kvalkauskas, J. (2004) Šunų klubo sąnario displazija. *Veterinarija ir zootechnika*, 28(50), 12-17 psl.
10. Lust, G., Todhunter, R.J., Erb, H.N., Dykes, L., Willims, A. (2001) Comparison of three radiographic methods for diagnosis of hip dysplasia in eight-month-old dogs. *JAVMA*, 219 (9), pp. 1242-1246.
11. Mayhew, P.D., McKelvie, P.J., Biery, D.N., Fordyce, H. (2002) Evaluation of a radiographic caudolateral curvilinear osteophyte on the femoral neck and its relationship to degenerative joint disease and distraction index in dogs. *JAVMA*, 220, pp. 472-478.
12. Morgan, J., Stephens, M. (1988) *Radiographic Diagnosis and Control of Canine Hip Dysplasia*. Ames: Iowa State University press, 145 pp.
13. Powers, M.Y., Biery, D.N., Lawler, D.F., Evans, R., Shofer, S., Mayhew P. (2004) Use of the caudolateral osteophyte as an early marker for future development of osteoarthritis associated with hip dysplasia in dogs. *JAVMA*, 225 (2), pp. 233-237.
14. Slatter, D. (1985) *Textbook of small animal surgery*. 2n ed. Saunders, 2168 pp.
15. Tamilson, J., Mc Laughing, R. (1995) Canine hip dysplasia. Developmental factors, clinical signs and initial examination steps. *Veterinary Medicine*, 91 (1), pp. 26-32.
16. Whittick, W.G. (1974) *Canine Orthopedics*. Philadelphia: Lea & Febiger, 523 pp.
17. Плахотин, М.В., Белов, А.Д., Мустакимов, Р.Г. (1990) Хирургические болезни. В кн.: *Болезни собак. Справочник*. (Кол. авт.: Белов А.Д., Данилов Е.П., Дукур И.И., Копёнкин Е.П., Майоров А.И., Митин В.Н., Мустакимов Р.Г., Плахотин М.В., Пономарёв В.И., Филиппов Ю.И., Чижов В.А.) Москва: Агропромиздат, стр. 207-210.

Saldā ķirša (*Prunus avium* L.) koksnes anatomisko un fizikāli-mehānisko īpašību pētījumi

Studies of the Anatomical and Physico-Mechanical Properties of Wild Cherry (*Prunus avium* L.) Wood

Gunārs Pavlovičs, Jānis Dolacis, Anda Alksne, Dace Cīrule, Jurijs Hrols

Latvijas Valsts Koksnes Ķīmijas Institūts, e-pasts: dolacis@edi.lv

Latvian State Institute of Wood Chemistry, e-mail: dolacis@edi.lv

Mudrīte Daugaviete

Latvijas Valsts Mežzinātnes Institūts "Silava", e-pasts: mudrite@silava.lv

Latvian State Forestry Research Institute "Silava", e-mail: mudrite@silava.lv

Jozefs Blaho

Zvolenas Tehniskā Universitāte, Slovākija

Technical University in Zvolen, Slovakia

Abstract: Owing to the growing demand for wild cherry wood in the world market and in Latvia, wild cherry tree cultivation for harvesting has been initiated in Latvia, and studies of its anatomical and physico-mechanical properties are under way. Sample trees (age 43 years, height 19.7 m) from "Jaunlutriņi", Saldus region, were used for the experiments. The studies were carried out at four stem heights (butt-end R, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, and $\frac{3}{4}$). Annual ring width and vessel cross-sectional area were measured by a MTKF-1 microscope in reflected light. Density (ρ), swelling (K_α), shrinkage (K_β), and shear strength (τ) were determined. Several parameters in the stem peripheral and central parts ($\rho_{12} - 664 \pm 5 \text{ kg m}^{-3}$, $K_\alpha - 0.39 \pm 0.01 \text{ \%/\%}$, $K_\beta - 0.34 \pm 0.01 \text{ \%/\%}$, $\tau_{12} - 42.1 \pm 0.4 \text{ MPa}$, and $W_{\max} - 107 \pm 0.5 \text{ \%}$) were obtained. The findings suggest that the wood of wild cherry grown in Latvia could be competitive in the world timber market.

Key words: wild cherry, anatomy, physico-mechanical properties, shear stress.

Ievads

Saldais ķirsis (*Prunus avium* L.) ir viens no dekoratīvākiem lapu kokiem. Laikā no 1970. līdz 1996. gadam salda ķirsis publikācijās pieminēts 777 reizes, kas liecina par paaugstinātu interesi par šo koku sugu.

Saldā ķirša koksnei ir spilgti sarkana vai sarkanbrūna krāsa un smalka, taisna šķiedra [1]. Mežaudzēs saldā ķirša koka augstums atkarībā no augsnes auglības svārstās robežās no 15–20 m līdz 30–35 m, bet stumbra caurmērs – no 40 līdz 70 (80) cm. Stumbri ir slaidi ar labi veidotu vainagu. Līdz 40 gadu vecumam salda ķirsis aug ļoti strauji, bet, sasniedzot 50–60 gadu vecumu, tā ikgadējais pieaugums samazinās, tāpēc maksimālais ciršanas vecums nepārsniedz 60–80 gadus [2].

Saldā ķirša koksni izmanto mēbeļu ražošanā, grīdu segumiem, jahtu iekšējai apdarei, autobūvē, būvniecībā, ka arī kokgrebšanas darbos. Koksne ir viegli apstrādājama, labi pulējama, to var beicēt un lakot – tā ir kā radīta mēbeļrūpniecībai. Vācijā saldā ķirša koksne ir dārgāka par ozolu, osi un sarkankoku, vidējā cena – no 200–600 līdz 1200–3500 eiro par kubikmetru [2, 3].

Latvijā saldā ķirša audzēšana aizsākusies ap 13. gs. Sākumā kristiešu mūki, bet vēlāk arī vācu

muižkungi to ievēduši kā augļu koku no Vācijas. Pakāpeniski salda ķirsis atsevišķu taksonu nelielu audžu veidā izplatījies Dobeles, Kuldīgas, Talsu, Liepājas, Saldus, Ventspils, Tukuma, Rīgas, Cēsu, Madonas u.c. rajonos. Veicot mežaudžu inventarizāciju, atrasti vairāk nekā 100 gadu veci un izcili saldā ķirša taksoni, kuriem stumbra apkārtmērs sasniedz 120 cm un vairāk, bet augstums – gandrīz 20 m. Latvijā veikta salizturīgu un ražīgu saldā ķirša šķirņu selekcionēšana: iegūtas vairākas izcilas un augstražīgas šķirnes, kas piemērotas audzēšanai arī Latvijas ziemeļu rajonos, bet auglīkopju galvenais uzdevums ir nelielu un mazu kociņu izveidošana. Lai noskaidrotu saldā ķirša mežaudzēšanas perspektīvas, 1995. gadā Phare projekta „Tehniskā palīdzība Latvijas privātajai mežsaimniecībai” ietvaros tika ierīkotas pirmās saldā ķirša plantācijas Liepājas, Kuldīgas, Dobeles, Madonas, Ogres un Gulbenes rajonā apmēram 20 ha kopplatībā [2].

Nemot vērā iepriekšminēto, paredzams, ka saldā ķirša koksne var kļūt pieprasīta mēbeļrūpniecībā, tādēļ notiek pētījumi, lai noskaidrotu Latvijā augošās saldā ķirša koksnes gan fizikāli-mehāniskās īpašības, gan arī anatomisko uzbūvi. Tas ļautu prognozēt Latvijā izaudzētās saldā ķirša koksnes konkurētspēju pasaules kokmateriālu tirgū.

Materiāli un metodes

Pētījumā izmantota 43 gadu veca saldā ķirša koksne no Saldus rajona Jaunlutiņu pagasta. Saldā ķirša augstums – 19.7 m, caurmērs krūšu augstumā – 27.5 cm, tātad to var izmantot kā zāģbaļķi. Paraugi visiem pētījumiem ņemti no četriem stumbra augstumiem (resgalis, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ un $\frac{3}{4}$ no stumbra augstuma) atsevišķi no stumbra centrālās daļas un ārējās daļas. Sakarā ar to, ka saldā ķirša koksne tiek pieskaitīta pie aplievas sugām, turpmāk tekstā, lai nerastos pārpratumi, pielietota šāda terminoloģija: stumbra centrālā daļa (kodola vietā) un ārējā daļa (aplievas vietā).

Anatomisko parametru pētījumi veikti četriem paraugiem no četriem koka augstumiem ar atstarotās gaismas mikroskopu MTKF-1 un firmas JVC krāsu video kameru TK-C721EG ar IMAGE-PRO EXPRESS attēla analīzes programmu. Trauku šķērsriezuma laukumi mērīti stumbra ārējās daļas ārējās piecās gadskārtās un centrālajā daļā no sestās līdz desmitajai gadskārtai, skaitot no serdes. Fizikāli-mehāniskās īpašības pētītas saskaņā ar DIN standartiem. Blīvums noteikts pēc DIN 52 182 [4]. Briešana un rukums noteikti 70 paraugiem pēc DIN 52 184 [5].

Briešanas (K_α) koeficienti (radiālajā – R, tangenciālajā – T virzienā un tilpuma – V) aprēķināti attiecīgi pēc formulas:

$$K_\alpha = \frac{\alpha_{\max}}{W_{\text{pies}}} \% / \%,$$

kur $\alpha_{\max}$ – uzbriešana, %;

W_{pies} – koksnes šķiedru piesātinājuma mitrums, %.

Rukuma (K_β) koeficienti (radiālajā – R, tangenciālajā – T virzienā un tilpuma – V) aprēķināti attiecīgi pēc formulas:

$$K_\beta = \frac{\beta_{\max}}{W_{\text{pies}}} \% / \%,$$

kur $\beta_{\max}$ – rukums, %;

W_{pies} – koksnes šķiedru piesātinājuma mitrums, %.

Saldā ķirša koksnes šķiedru piesātinājuma mitrums pieņemts 30%. Robežstiprība cirpē noteikta 58 paraugiem pēc ГОСТ 16 483.13-72 [6]:

$$\tau_w = \frac{P_{\max}}{2ab}, \text{ MPa},$$

kur τ_w – robežstiprība cirpē, (MPa);

$P_{\max}$ – maksimālā sagraujošā slodze, N;

a, b – šķērsriezuma izmēri (a – platums, b – biezums), mm.

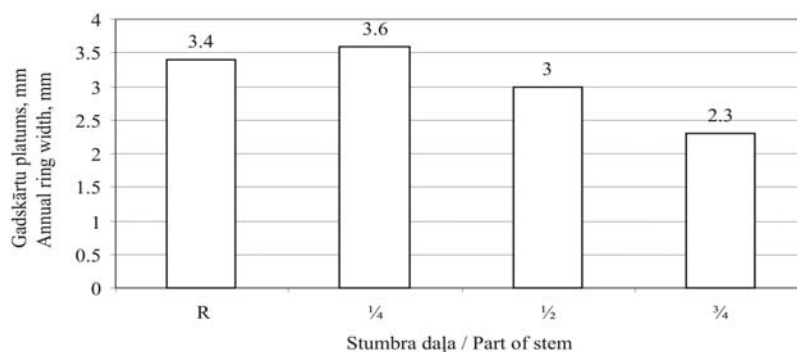
Ūdens uzsūcamība noteikta 35 paraugiem atbilstoši pēc ГОСТ 16483.20 – 72 [7]. Datu apstrāde veikta pie ticamības līmeņa 95%.

Rezultāti un diskusija

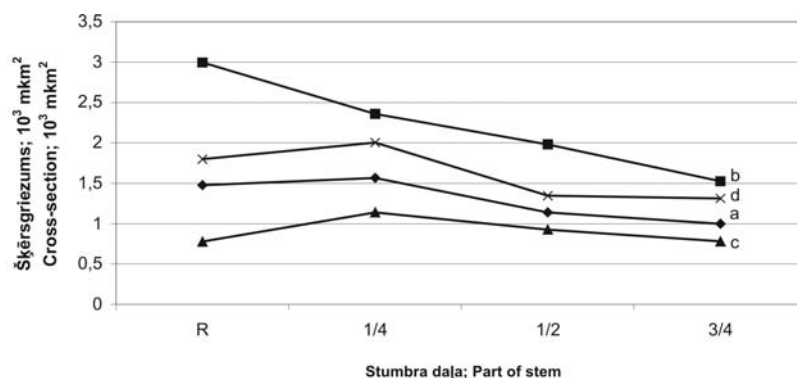
Apkopojot eksperimentālos datus, iegūts vidējais gadskārtu platums dažādos stumbra augstumos: $\frac{1}{4}$ stumbra augstumā tas ir vislielākais, virzienā uz galotni samazinās, bet $\frac{3}{4}$ stumbra augstumā tas ir par ~35% mazāks nekā $\frac{1}{4}$ stumbra augstumā (skat. 1. att.).

Saldā ķirša koksnes trauku šķērsriezumu raksturlielumi parādīti 2. attēlā. Līkne a un c attēlo vēlinās koksnes, bet b un d – agrinās koksnes trauku vidējo šķērsriezuma laukumu izmaiņas pa pētītajiem stumbra augstumiem. Centrālās daļas vēlinās koksnes vidējie trauku šķērsriezuma laukumi ir mazāki par agrinās koksnes vidējiem trauku šķērsriezumu laukumiem. Stumbra ārējās daļas vidējie trauku šķērsriezumu laukumi gan vēlinai, gan agrīnai koksnei ir lielāki nekā stumbra centrālajā daļā. Tāpat kā gadskārtu platumiem, arī vidējiem trauku šķērsriezuma laukumiem pēc $\frac{1}{4}$ stumbra augstuma virzienā uz galotni vērojama tendence samazināties.

Saldā ķirša koksnes daži fizikālie raksturlielumi parādīti 1. tabulā. Redzams, ka stumbra centrālās daļas blīvums, salīdzinot ar ārējo daļu, ir par 4.3% mazāks. Lielākas koksnes lineārās izmaiņas, mainoties koksnes mitrumam, ko raksturo briešanas (K_α) un rukšanas (K_β) koeficienti, ir vērojamas saldā ķirša koksnes malējā daļā. Tas attiecas kā uz izmaiņām



1. att. Saldā ķirša koksnes vidējais gadskārtu platums dažādos stumbra augstumos.
Fig. 1. Average annual ring width of the wild cherry wood at different stem height.



2. att. Saldā ķirša koksnes vidējie trauku šķērsgriezumu laukumi dažādās stumbra daļās:

a – stumbra ārējās daļas vēlinā koksne; b – stumbra ārējās daļas agrīnā koksne;

c – stumbra centrālās daļas vēlinā koksne; d – stumbra centrālās daļas agrīnā koksne.

Fig. 2. Average cross-sectional areas of wild cherry wood vessels at different stem height:

a – late wood of the outer part; b – early wood of the outer part;

c – late wood of the central part; d – early wood of the central part.

1. tabula / Table 1

Saldā ķirša koksnes fizikālie raksturlielumi
Physical characteristics of wild cherry wood

Rādītājs / Property		Ārējā daļa / Sapwood	Centrālā daļa / Heartwood
Blīvums / Density, ρ_0 kg m ⁻³		646	619
Blīvums / Density, ρ_{12} kg m ⁻³		668	660
Ūdens uzsūcamība / Water absorption, Wmax %		101	110
Rukums / Shrinkage, % / K_β	T	11.3 / 0.38	10.1 / 0.34
	R	5.5 / 0.18	4.8 / 0.16
	V	15.9 / 0.53	14.2 / 0.47
Briešana / Swelling, % / K_α	T	12.8 / 0.43	11.2 / 0.37
	R	5.6 / 0.19	5.1 / 0.17
	V	18.7 / 0.62	16.6 / 0.55

Apzīmējumi / Notations: R – radiāli / radially, T – tangenciāli / tangentially, V – tilpums / volume, K_β – rukuma koeficients / shrinkage coefficient, K_α – briešanas koeficients / swelling coefficient

2. tabula / Table 2

Saldā ķirša koksnes blīvums dažādās valstīs
Wild cherry wood density values in different countries

Rādītājs / Property	Latvija / Latvia		Armēnija / Armenia	ASV / USA	Vācija / Germany
	ārējā daļa / sapwood	centrālā daļa / heartwood	[8]	[9]	[10]
Blīvums / Density, ρ_0 kg m ⁻³	646	619	562	470	570
Blīvums / Density, ρ_{12} kg m ⁻³	668	660	594	500	602

3. tabula / Table 3

Saldā ķirša koksnes robežstiprība cirpē
Shearing strength of wild cherry wood

Stumbra augstumi / Height of stem	Cirpe / Shearing strength, τ_{12} MPa			
	radiālais virziens / radial direction		tangenciālais virziens / tangential direction	
	centrālā daļa / heartwood	malējā daļa / sapwood	centrālā daļa / heartwood	malējā daļa / sapwood
R	43.8	44.8	45.6	47.9
¼	38.8	37.9	43.7	44.2
½	39.2	41.2	41.8	37.2
¾	–	39.6	–	44.6
Vidējais / Average	40.6±1.2	40.9±0.6	43.7±1.3	43.5±0.6

radiālajā virzienā, tā arī tangenciālajā virzienā. Ūdens uzsūcamība stumbra centrālajā daļā ir par 9 % lielāka nekā ārējā daļā.

2. tabulā apkopoti literatūrā sniegtie dati par citur pasaulē augošā saldā ķirša koksnes blīvumiem. Redzams, ka Latvijā augošā saldā ķirša koksne ir salīdzinoši blīvāka, kas palielina šīs koksnes konkurētspēju pasaules tirgū.

Attiecībā uz mehāniskajām īpašībām, veikti pētījumi par saldā ķirša koksnes robežstiprību cirpē (skat. 3. tabulu). Robežstiprība cirpē radiālajā virzienā ¼ stumbra augstumā ir viszemākā. Tas korelē ar pētījumiem par koksnes anatomiju, kur tieši ¼ stumbra augstumā gadskārtu platumi ir vislielākie. Tangenciālajā virzienā vērojama cita tendence: robežstiprība cirpē gan centrālajā, gan ārējā daļā no resgaļa līdz ½ no stumbra augstuma samazinās, bet ¾ stumbra augstumā tā atkal palielinās.

Secinājumi

1. Pārbaudītā saldā ķirša paraugkoka koksnes vidējais gadskārtu platums vislielākais ir ¼ stumbra augstumā (3.6 mm), bet tālāk galotnes virzienā tas samazinās.
2. Vidējie trauku šķēsgriezumu laukumi pēc ¼ stumbra augstuma virzienā uz galotni samazinās gan vēlinajā, gan agrīnajā koksne kā stumbra ārējā, tā arī centrālajā daļā.
3. Fizikālie rādītāji – blīvums, briešana un rukums – vislielākie ir stumbra ārējā daļā.
4. Vidējā robežstiprība cirpē radiāli šķiedrām ir par ~7% mazāka nekā tangenciāli šķiedrām. Vidējā robežstiprība cirpē centrālajā un ārējā daļā radiāli šķiedrām praktiski ir vienāda. Tas pats attiecas arī uz robežstiprību cirpē tangenciālajā virzienā, kas liecina par praktiski vienādām mehāniskajām īpašībām saldā ķirša koksnes centrālajā un ārējā daļā.

Literatūra

1. Daugaviete, M., Krūmiņa, M., Dolacis, J., Hrols, J., Bērziņa, A. (2002) Saldais ķirsis (*Cerasus avium* (L.) Moench syn. *Prunus avium* L.) koksnes ražošanai: pētījumi par ķirša izplatību, reproduktīvo materiālu, tā agrīno augšanu izmēģinājumu stādījumos un daži fizikāli mehāniskie raksturlielumi. *Mežzinātne*, Nr. 12(45), 60–86 lpp.
2. Dolacis, J., Daugaviete, M., Hrols, J. (2003) Some physical and mechanical properties of wild Cherry (*Prunus avium* L.) wood growing in Latvia. *Forest and Wood Technology*, No. 53, Ann. Warsaw Agric. Univ., SGGW, pp. 54-60.
3. Klovāne, I. (2003) Saldo ķiršu meži: vīzija vai realitāte? *Praktiskais latvietis, Lauku Avīze*, 9–12. okt., 8–9 lpp.
4. DIN 52 182. Prüfung von Holz. Bestimmung der Rohdichte.
5. DIN 52 184. Prüfung von Holz. Bestimmung der Quellung und Schwindung.
6. ГОСТ 16 483.13-72. Древесина. Метод определения предела прочности при перерезании поперёк волокон.
7. ГОСТ 16483.20-72. Древесина. Метод определения водопоглощения.
8. Таблицы стандартных справочных данных. (1986) Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов. ГСССД 69-84. М., Госстандарт, 29 с.
9. *Wood Handbook*. (1999) Wood as an Engineering Material. Forest Products Laboratory. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 463 pp.
10. Lohmann, U., Annie, T., Ermschel, D. (1986) *Holz Handbuch*. 3, völlig überarbeitete Aufgabe. Rosenheim, DRW-Verlag, 320 S.

LLU Raksti Nr. 18 (313)
Atbildīgais redaktors Aldis Kārklīņš
Parakstīts iespiešanai 01.08.2007.
Iespiests *Drukātavā*

Latvijas Lauksaimniecības universitātes Raksti ievieto publikācijas par nozīmīgiem oriģināliem, teorētiskiem un eksperimentāliem pētījumiem, kas interesē zinātnieku un nozares speciālistu auditoriju. Publicē arī nozares zinātnes pārskatus un hronikas rakstura materiālus.

Manuskriptus autori iesniedz tehniskajam redaktoram latviešu un angļu valodā. Personas, kas iesniedz manuskriptu, to paraksta un pilnībā atbild par iesniegtā manuskripta īpašuma tiesībām un zinātnisko līmeni. Redkolēģijai ir tiesības pakļaut manuskriptus tālākai izvērtēšanai un izņēmuma gadījumos arī noraidīt, ja tie neatbilst vispārējiem publikācijas kritērijiem vai tiek uzskatīti kā nepiemēroti LLU Rakstiem. Iesniedzot manuskriptus publicēšanai, autors(i) apliecinā, ka darbs nav iepriekš publicēts, nav paredzēts publicēšanai citos izdevumos, un to izlasījuši un atzinuši par labu visi autori. Autori piešķir ekskluzīvas tiesības Latvijas Lauksaimniecības universitātei iesniegtā raksta publicēšanai.

Vēlamā rakstu struktūra: **virsraksts** (raksta valodā un angļu valodā); **autors** vai autori – pilni vārdi un uzvārdi, darba vietas nosaukums (raksta valodā un angļu valodā), pilna pasta adrese, tālruna numurs, fakss, e-pasta adrese; **abstract** – kopsavilkums angļu valodā līdz 250 vārdiem vienā rindkopā izsmēloši informē par rakstā iekļauto datu būtību; **key words** – ne vairāk kā 5 (angļu valodā); angļu valodā iesniegtiem rakstiem **kopsavilkums** – latviešu valodā vienā rindkopā; **ievads** – situācija un hipotēze; **materiāli un metodes** – pētījuma objekts, metodes un metodika, lai ikviens gūtu priekšstatu par pētījumu gaitu; **rezultāti** – teksta, tabulu, attēlu veidā ar atbilstošu datu ticamības novērtējumu un rezultātu analīzi; **diskusija** – pētījumu rezultātu interpretācija, salīdzinājums ar citu autoru līdzīgiem pētījumiem, jaunākajām zinātnes atziņām; **secinājumi**; **literatūras saraksts**. Manuskriptu apjomam nevajadzētu pārsniegt 15 lappuses – oriģinālrakstam, 20 lappuses – apskata rakstam un 6 – īsiem ziņojumiem. Manuskriptā jānumurē lappuses, attēli, tabulas un formulas.

Texts

Darbs jānoformē datorsalikumā programmā *MS Word* uz A4 formāta lapām, lietojot *Unicode* fontu *Times New Roman* ar izmēru 12. Pamatteksts sastāv no rindkopām. Sarežģītu un optiski grūti uztveramu burtu veidu lietošana pamattekstā nav pieļaujama. Teksta attālums no kreisās lapas malas 30 mm, no pārējām – 25 mm. Rindstarpu attālums – 1.5. Skaitļos kā decimāldalītājs jālieto punkts, nevis komats. Manuskriptā lietojamas SI sistēmas mērvienības un arī attiecīgie saīsinājumi.

Tabulas

Tabulām (visos potenciālo izdevumu manuskriptos) jābūt veidotām programmā *MS Word* vai *Excel* un tās novietojamas teksta beigās uz atsevišķām lapām. Tabulu virsraksti, teksts tajās un paskaidrojumi pie tām tulkojami arī angļu valodā. Tabulām jābūt saprotamām arī tad, ja teksts nav lasīts. Tabulu numuri rakstāmi ar arābu cipariem labajā pusē virs tabulas virsraksta. Tās nedrīkst pārsniegt apdrukai paredzēto lapas laukumu, un tabulu zemteksta piezīmēm jābūt uz tās pašas lapas. Ja tabula turpinās uz vairākām lappusēm, tabulas galva bez virsraksta jāatkārto katrā lapā, virsraksta vietā rakstot «.....tabulas turpinājums» vai «..... tabulas nobeigums». Nav ieteicams veidot tabulas, kurām rindu vai kolonnu skaits mazāks par trīs. Kolonnās skaitļiem jābūt nolīdzinātiem. Daudzzīmju skaitļi jāsadala grupās pa trim. Ja kolonnā uz leju atkārtojas tas pats skaitlis vai teksts, tas jāraksta atkārtoti, nedrīkst likt atkārtojuma simboliku.

Attēli

Diagrammas, zīmējumus un fotogrāfijas uzskata par attēliem. Attēliem jābūt melnbaltā izpildījumā un tie

novietojami teksta beigās uz atsevišķām lapām. Skanētos attēlus, digitālās fotogrāfijas un zīmējumus var veidot jebkurā grafiskajā programmā, bet ievietot tos *MS Word* kā attēlus (*Picture*), nevis kā attiecīgās programmas objektus. Diagrammas ieteicams veidot *MS Excel* vai *MS Word*, izmantojot *Microsoft Graph*. Diagrammās vēlams izvairīties no fona tonējuma un ierāmējuma līniju lietošanas; tīklu līniju biezumam jābūt ¼ pt, rakstzīmju izmēram jābūt tādām pašām kā pamattekstā. Attēlos jāizvairās no uzrakstiem uz tiem. Uzrakstu vietā lietojami simboli vai cipari, kas atšifrējami zem attēla. Paraksts zem attēla sākas ar attēla numuru, tad seko nosaukums, kas atklāj vai raksturo attēla redzamo, un tad attēlā lietoto ciparu, simbolu atšifrējums. Attēla nosaukums un visi paskaidrojumi tajā tulkojami arī angļu valodā.

Formulas

Formulas jāraksta *MS Equation* programmā. Formulas tekstā raksta atsevišķā rindā pa vidu. Formulas numurē, numuru rakstot tajā pašā rindā starp divām apaļajām iekavām lapas labajā pusē. Formulās lietotajam pamatvienību lielumam jābūt tādām pašām kā pamattekstā. Kursīvā rakstāmi pieņemto apzīmējumu simboli. Formulās ietvertu lielumu mērvienības raksta aiz to nosaukumiem vai skaitliskajām vērtībām tekstā. Formulu paskaidrojumi rakstāmi aiz formulas, katrs savā rindā. Starp paskaidrojumu un mērvienību liek defisi, bet aiz mērvienības – semikolu, un aiz pēdējās mērvienības paskaidrojuma – punktu.

Citējumi

Atsauces tekstā pieraksta, apaļajās iekavās ierakstot izmantotā izdevuma autoru un izdošanas gadu, piem. (Monod, 1963).

Literatūras saraksts darba beigās jānoformē alfabētā kārtībā, atsevišķus darbus pierakstot šādi: **žurnālu raksti** – Hahey, R., Senseman, S., Krutz, L., Hons, F. (2002) Soil carbon and nitrogen mineralization as affected by atrazine and glyphosate. *Biol. Fertil. Soils*, 35, pp. 35-40; **grāmatas** – *Lauksaimniecības ilgtermiņa investīciju kredīšanas programma*. (2001) LR Zemkopības ministrija, Rīga, 20 lpp.; **grāmatu nodaļas** – Carrey, E. A. (1989) Peptide mapping. In: *Protein Structure*. Creighton, T. E. (ed.) ILR Press, Oxford, pp. 191-224.; **INTERNET resursu apraksts** – Veselības noteicošie faktori. Vide kā dzīvības un veselības resurss: <http://www.liis.lv/vid-ves/faktori.htm> – Resurss aprakstīts 2004. gada 13. janvārī.

Ja atsauces pieraksta ar skaitli kvadrātiņā citēšanas secībā, tad arī literatūras sarakstu noformē citēšanas secībā.

Atsaucēm tekstā jāsakrīt ar literatūras sarakstā minētajiem avotiem, un tiem jābūt publiski pieejamiem.

Fināls

Recenzēto un attiecīgi papildināto manuskripta pēdējo versiju autors(i) elektroniskā veidā kopā ar manuskriptu iesniedz tehniskajam redaktoram.

Tikai precīza visu iepriekš minēto prasību ievērošana sekmēs sagatavoto manuskriptu ātrāku publicēšanu.

Atkāpes no šo noteikumu prasībām pieļaujamas, saskaņojot ar LLU Rakstu redkolēģiju.

LLU Rakstu redkolēģijas adrese:

Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001

Telefons: 30 05671; fakss: 30 05685; e-pasts:

Inga.Skuja@llu.lv

Papildus informācija par LLU Rakstiem pieejama LLU mājas lapā <http://www.llu.lv> sadaļā Pētniecība.