



ISSN 1407-4427

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE

RAKSTI

PROCEEDINGS OF THE
LATVIA UNIVERSITY OF
AGRICULTURE

Nr. 17 (312), 2006
JELGAVA

Patogēno baktēriju daudzums un tā izmaiņas notekūdeņu dūnās / Pathogenic Bacteria Amount and its Change in Sewage Sludge: <i>A. Vucāns, I. Gemste, C. Schöning</i>	1
Pētījumi par NPK bilanci zemnieku saimniecībās. IV. Ogres raj. Ogresgala pagasta „Ogre” / Plant Nutrient Balance Studies in Farms of Latvia. IV. Farm “Ogre”, Ogre region: <i>I. Līpenīte, A. Kārkliņš</i>	11
Pētījumi par NPK bilanci zemnieku saimniecībās. V. Valmieras raj. Rencēnu pagasta “Mareņi” / Plant Nutrient Balance Studies in Farms of Latvia. V. Farm “Mareni”, Valmiera region: <i>A. Kārkliņš, I. Līpenīte</i>	21
Botāniskās piedevas ietekme uz putnu organisma metaboliskiem procesiem organiskās lauksaimniecības apstākļos / The influence of a Botanical Feed Additive on Poultry Organism Metabolic Processes in Organic Farming Conditions: <i>Ī. Vītiņa, V. Krastiņa</i>	29
Papildbarības “Penergetic-T” efektivitāte teļu ēdināšanā / Efficiency of Feed Additive “Penergetic-T” in Calf Feeding: <i>A. Trūpa, J. Latvietis, A. Rozenfelde</i>	34
Lopbarības faktors piena pašizmaksā / Feed Factor in the Production Cost of Milk: <i>J. Latvietis, J. Priekulis</i>	40
Pētījumi par barības uzņemšanu regulējošo peptīdu un apoptozes izplatību klīniski veselu govju hipotalāmā / Investigations on Feed Intake Regulating Neuropeptides and Apoptosis Prevalence in Healthy Cows’ Hypothalamus: <i>M. Pilmane, I. Zītare, A. Jemeljanovs</i>	49
No mastīta slimu govju piena izolēto <i>Staphylococcus aureus</i> celmu enterotoksigenitāte / The Enterotoxigenicity of <i>Staphylococcus Aureus</i> Isolated from Mastitis Cows: <i>R. Joffe, E. Birģele</i>	55
<i>Staphylococcus aureus</i> un enterotoksīnus veidojošie celmi tirgos realizācijā esošajā pienā un piena produktos Latvijā / The Prevalence of Enterotoxigenic <i>Staphylococcus Aureus</i> Strains in Milk and Milk Products on Latvian Market: <i>R. Joffe, E. Birģele</i>	63
Elektrokardiogrammas QT intervāla izmaiņas vācu aitu suņu un kokerspanielu šķirnes dzīvniekiem premedikācijas un vispārējās anestēzijas laikā / Changes in ECG QT Interval in German Shepherd and Cocker Spaniel Dogs during Premedication and General Anaesthesia: <i>G. Avdoško, E. Birģele</i>	71
Sarkanā ozola <i>Quercus rubra</i> L. mežaudzes Šķēdes mežu novadā / Stands of Red Oak <i>Qercus rubra</i> L. in Skede Forest District: <i>A. Dreimanis, V. Šulcs</i>	78
Formation of Optimal Thermoenvironment in Cubicles of Cold Cowshed / Optimāla temperatūras režīma nodrošināšana, govīs turot nesiltinātā kūti: <i>R. Bleizgys, J. Čēsna, E. Liniauskienė</i>	88
Liepājas speciālās ekonomiskās zonas uzņēmējdarbības vides faktoru ietekme uz uzņēmumu darbības rezultātiem / Evaluation of the Impact of Liepaja Special Economic Zone’s Entrepreneurship Environment Factors on Companies’ Operation Results: <i>V. Raņķevica</i>	94

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 Bekers, 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 Kārkliņa, 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 Kārkliņš, 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 Jelgava by *Jelgavas tipogrāfija*.

For information about article submission to *LLU Raksti* (*Proceedings of LLU*), visit our web page at www.llu.lv under section *Research*.

Patogēno baktēriju daudzums un tā izmaiņas notekūdeņu dūņās Pathogenic Bacteria Amount and Its Change in Sewage Sludge

Alberts Vucāns, Inta Gemste

LLU Lauksaimniecības fakultātes Augsnes un augu zinātņu institūts, e-pasts: livmanis@llu.lv
Institute of Soil and Plant Sciences, Faculty of Agriculture, LLU, e-mail: livmanis@llu.lv

Caroline Schöning

Zviedrijas Infekcijas slimību uzraudzības institūts, e-pasts: caroline.schonning@smi.ki.se
Swedish Institute for Infectious Disease Control, e-mail: caroline.schonning@smi.ki.se

Abstract. Samples of sludge in six Latvian sewage biological treatment plants (BTPs) were collected from July 2004 to July 2005. A total of 37 samples of sewage sludge were examined for *Escherichia coli*, *Enterococci* and *Clostridium perfringens* amounts (cfu g⁻¹) as well as for the presence of *Salmonella* spp. Depending on the treatment of sludge and degree of dewatering, the average amounts of pathogenic bacteria (cfu g⁻¹) in DM were: *Escherichia coli* – 1.0x10⁵–3.6x10⁶, *Enterococci* – 7.2x10⁴–9.0x10⁶, and *Clostridium perfringens* – 1.6x10⁵–5.7x10⁶. Presence of *Salmonella* spp. was identified in 60% of mesophilic digestion process treated, well-dewatered sewage sludge samples and in 52% of untreated, medium-dewatered sludge samples. The treatment of sludge using the mesophilic anaerobic digestion method did not fully provide sufficient reduction in bacterial pathogen amount. Amounts of *Escherichia coli* and *Enterococci* (cfu g⁻¹) in sludge treated in mesophilic regime decreased after 6 months of storage by 1.9 log₁₀ and 3.4 log₁₀ thus corresponding to the desired level. In untreated sludge, such a decrease was reached (2.1 log₁₀ and 2.4 log₁₀) after 12 months of storage. The presence of *Salmonella* spp. was not found in sewage sludge treated in mesophilic regime after 6 months of storage, and after 12 months of storage in untreated sludge. Amounts of *Clostridium perfringens* (cfu g⁻¹) did not naturally change during both six and 12 months of storage.

Key words: sewage sludge, pathogenic bacteria, storage, treatment of sludge.

Ievads

Latvijā katru gadu notekūdeņu attīrīšanas iekārtās apstrādā nedaudz vairāk par 130 milj. m³ notekūdeņu. Šajā procesā saražotā notekūdeņu dūņu (turpmāk – dūņas) sausnas masa ir ap 30 000 t [1, 2].

Dūņu apsaimniekošana, kas beidzas ar to izmantošanu, izvietošanu vai likvidāciju (sadedzināšanu), lielā mērā atkarīga no piesārņojošo vielu un patogēno organismu klātbūtnes dūņu masā. Ja pašreizējā periodā dūņu piesārņotības līmeni vērtē tikai pēc smago metālu koncentrācijām, tad tuvākajā perspektīvā to vēl papildus vērtēs pēc:

- noturīgo organisko piesārņotāju (NOP) – polihlorēto bifenīlu (PHB), policiklisko aromātisko ogļūdeņražu (PAO), polihlorēto dibenzodioksīnu un dibenzofurānu jeb dioksīnu un furānu (PDD/DF) – koncentrācijām dūņu sausnā;
- patogēno baktēriju *Escherichia coli* daudzuma un *Salmonella* spp. klātbūtnes, iespējams arī pēc citu patogēno organismu daudzuma dūņu masā.

Pašreiz spēkā esošajā ES Direktīvā par notekūdeņu dūņu apsaimniekošanu nav uzrādīta prasība notekūdeņu dūņas kontrolēt patogēno mikroorganismu, t.sk. baktēriju, daudzumu un klātbūtni [3]. ES dūņu apsaimniekošanas jaunās direktīvas projekta trešajā variantā uzrādīta prasība un arī robežvērtības patogēno baktēriju *Escherichia coli* un *Salmonella* spp. dau-

dzuma samazināšanai, veicot notekūdeņu dūņu apstrādi dažādas intensitātes līmeņos [4]. Tādēļ vispirms ir nepieciešams apzināt, kāds Latvijas notekūdeņu dūņās ir faktiskais piesārņojuma līmenis ar iepriekš minētajām un citām patogēnām baktērijām.

Līdz šim Latvijā nav veikti pietiekoši ilgstoši un plaši novērojumi par patogēno organismu daudzumu (klātbūtni) dūņās. No līdz šim veiktajiem pētījumiem jāatzīmē A. Zandmanes un D. Kļaviņas piecu Latvijas pilsētu notekūdeņu bioloģiskajās attīrīšanas iekārtās (BAI) 2002./2003. gadā veikto dūņu mikrobioloģiskās kvalitātes noteikšanas rezultāti [5].

Dz. Zariņa kopā ar līdzautoriem veikusi virkni pētījumu par notekūdeņu dūņu komposta kvalitātes novērtēšanu atkarībā no patogēno mikroorganismu, t.sk. *Escherichia coli* un *Salmonella* spp., klātbūtnes tajā [6, 7].

No tuvākajām kaimiņvalstīm jāatzīmē Lietuvā veikto novērojumu par *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, enterobaktēriju, kā arī helmintu oļiņu daudzumu Viļņas notekūdeņu BAI dūņās [8]. Šie novērojumi veikti atsevišķi dūņām, kas ievāktas no pirmējiem nostādinātajiem, aktīvajās dūņās, kā arī šo dūņu maisījumam.

Zviedrijā 2000.-2002. gadā veikti plaši novērojumi par patogēno baktēriju daudzumu un tā izmaiņām dažādos veidos apstrādātās dūņās [9]. Šajā darbā veikta arī detaļa *Salmonella* spp. serotipu izpēte dūņās.

Plaša informācija par dažāda tipa dūņu apstrādes

tehnoloģijām un to pilnveidošanu ES dalībvalstīs sniegta E.G. Carringtona ziņojumā Eiropas Komisijai [10]. Šīm uzlabotajām apstrādes tehnoloģijām būtu jānodrošina patogēno baktēriju daudzuma samazināšana dūņās atbilstoši ES jaunās direktīvas perspektīvajām prasībām.

Darba mērķis: iegūt pārskatu par patogēno baktēriju daudzumu un tā izmaiņām dūņās notekūdeņu BAI, kuras strādā ar dažādām dūņu apstrādes un atūdeņošanas tehnoloģijām.

Darbs izpildīts, īstenojot Latvijas–Zviedrijas kopprojektu „Notekūdeņu dūņu apsaimniekošana Latvijā atbilstoši ES prasībām” („Sewage sludge management in Latvia in relation to EU-requirements”). Tiešais sadarbības partneris no Zviedrijas puses: Zviedrijas vides un lauksaimniecības tehnoloģiju institūts.

Materiāli un metodes

Notekūdeņu dūņu paraugi patogēno baktēriju daudzuma noteikšanai ievākti sešās notekūdeņu BAI, kas izvēlētas ar nolūku, lai:

- to skaitā būtu BAI ar dažādu noslodzi;
- tās aptvertu dažādus dūņu atūdeņošanas un apstrādes paņēmienus;
- būtu samērā vienmērīgs BAI izvietojums Latvijas teritorijā;
- visās sešās notekūdeņu BAI kopā tiktu saražota pietiekami liela (reprezentatīva) dūņu sausas masa.

Notekūdeņu BAI, kurās ievākti dūņu paraugi, īss raksturojums dots 1. tabulā.

Novērojumos iekļautās notekūdeņu BAI nosacīti var iedalīt 3 grupās:

1. tabula / Table 1

Novērojumos iekļauto notekūdeņu BAI raksturojums 2004. gadā
Characteristics of biological treatment plants (BTP) included in observations in 2004

Notekūdeņu BAI / BTP	Saražotās notekūdeņu dūņas / Sewage sludge produced		Notekūdeņu dūņu / Sewage sludge		
	sausna, t / DM, t	% no dūņu masas valstī / % from produced mass of sludge	atūdeņošanas veids / kind of dewatering	apstrādes veids / kind of treatment	galvenie izmantošanas virzieni / main directions of use
Rīgas	5751	16	centrifūga / centrifuge	mezofilā režīmā metāntankos / in mesophylic regime in methane tanks	augšņu mēslošana lauksaimniecībā / fertilization of soils in agriculture
Liepājas	2171	6	presentas / filter belt	uzglabāšana / storage	uzglabā BAI teritorijā / stored in BTP territory
Rēzeknes	972	3	centrifūga / centrifuge	uzglabāšana / storage	kompostu gatavošana / compost production
Cēsu	963	3	presentas / filter belt	uzglabāšana / storage	augšņu mēslošana lauksaimniecībā / fertilization of soils in agriculture
Salaspils	240	<0.1	filtrācijas baseini / sedimentation basins	uzglabāšana / storage	uzglabā BAI teritorijā / stored in BTP territory
Ozolnieku	24	<0.1	filtrācijas baseini / sedimentation basins	uzglabāšana / storage	apzaļumošana / green areas

Notekūdeņu dūņu paraugu ievākšanas laiks un sausas saturs
Time of sampling sewage sludge and DM content

Notekūdeņu BAI / BTP	Rādītāju apzīmējumi / Parametres	Novērojumu cikli / Observation cycles					Vidēji / Average
		1.	2.	3.	4.	5.	
Rīgas	A	02.07.04.	01.10.04.	06.01.05.	04.04.05.	05.07.05.	–
	B	26.4	25.0	20.0	24.2	23.0	23.7
	B ₁	–	–	25.0	–	36.7	–
Liepājas	A	08.07.04.	11.10.04.	04.01.05.	05.04.05.	05.07.05.	–
	B	16.7	16.0	18.0	21.9	17.7	18.1
Rēzeknes	A	09.07.04.	05.10.04.	11.01.05.	04.04.05.	06.07.05.	–
	B	23.6	21.0	18.3	10.2	15.7	17.8
	B ₁	–	–	19.0	–	22.6	–
Cēsu	A	08.07.04.	01.10.04.	11.01.05.	13.04.05.	07.07.05.	–
	B	16.0	24.0	15.0	15.6	18.1	17.7
	B ₁	–	–	17.0	–	22.3	–
Salaspils	A	01.07.04	04.10.04.	05.01.05.	06.04.05.	05.07.05.	–
	B	0.70	0.50	0.60	0.35	0.35	0.50
Ozolnieku	A	01.07.04.	04.10.04.	04.01.05.	05.04.05.	04.07.05.	–
	B	0.2	0.4	0.4	0.33	0.32	0.33

Apzīmējumi / Notations:

A – parauga ievākšanas datums / date of sampling;

B – sausas saturs svaigās notekūdeņu dūņās, % / DM of raw sludge, %;

B₁ – sausas saturs uzglabātās dūņās, % / DM of stored sludge, %

- 1) Rīgas notekūdeņu BAI – dūņu apstrādi veic metāntankos mezofilajā režīmā (37 °C, apstrādes ilgums 14 diennaktis), dūņas pēc apstrādes labi atūdeņotas;
- 2) Liepājas, Rēzeknes un Cēsu notekūdeņu BAI – dūņas tūlīt pēc to saražošanas netiek apstrādātas, dūņas vidēji atūdeņotas;
- 3) Salaspils un Ozolnieku notekūdeņu BAI – dūņu šķidrmasa tūlīt pēc to saražošanas netiek apstrādāta un atūdeņota.

Jāpiezīmē, ka no 2005. gada sākuma Cēsu BAI notekūdeņu attīrīšanu un, iespējams, dūņu kvalitāti ietekmē notekūdeņi, kas kopējā kolektorā tiek ievadīti no Cēsu gaļas kombināta un alus darītavas bez notekūdeņu priekšattīrīšanas. Sākot ar šo pašu gadu, arī Rēzeknes notekūdeņu kopējā plūsmā tiek ievadīti

gaļas kombināta notekūdeņi bez priekšattīrīšanas, bet no finieru rūpnīcas – daļēji priekšattīrīti notekūdeņi.

2004. gadā visās sešās notekūdeņu BAI saražoti gandrīz 30% no kopējās dūņu sausas masas valstī.

Dūņu paraugi ievākti laikā no 2004. gada jūlija līdz 2005. gada jūlijam katra ceturkšņa pirmā mēneša pirmajā pusē. Pavisam veikti pieci novērojumu cikli (2. tabula).

Katrā notekūdeņu BAI dūņu paraugs ievākts vienā dienā. Atūdeņoto dūņu paraugi veidoti no 6-8 atsevišķi ņemtiem individuāliem paraugiem (porcijām), kas iegūti tieši aiz dūņu atūdeņošanas ierīcēm. Šāda parauga kopējais tilpums – viens litrs. Atūdeņoto dūņu paraugs ievietots ar vāciņu noslēdzamā plastmasas traukā. Dūņu šķidrmasas paraugi (Salaspils, Ozolnieki) ievākti līdzīgi, ņemot šķidrmāsu no plūsmas tās pārsūkņēšanas laikā uz atūdeņošanas baseiniem. Šķidrmasas paraugu

tilpums – divi litri; tos ievietoja stikla pudelēs ar aizskrūvējamiem vāciņiem.

Rīgas, Rēzeknes un Cēsu notekūdeņu BAI pirmā novērojumu cikla laikā no tām pašām dūņu sērijām tika ņemti 8-12 m³ dūņu, ko novietoja uzglabāšanai BAI teritorijā. No šīs dūņu masas paraugus ievāca pēc 6 un 12 mēnešu uzglabāšanas, t.i., 3. un 5. novērojumu ciklā. No uzglabājamo dūņu kaudzēm (augstums 0.7-1.2 m) paraugi veidoti, izdarot 8-10 zondējumus līdz 40 cm dziļumam.

Gan svaigos, gan glabāto dūņu paraugus tūlīt pēc ievākšanas ievietoja aukstumkastēs (termostatos), kur līdz nodošanai laboratorijā tie glabājās temperatūrā, kas nepārsniedza 10-12 °C.

Kopā ievākti un testēti 37 dūņu paraugi, t.sk. mezofilā režīmā apstrādāti – 7, neapstrādāti – 30.

Ievāktajos dūņu paraugos noteikts *Escherichia coli*, *Enterococci* un *Clostridium perfringens* koloniju veidojošo vienību (KVV) daudzums vienā gramā svaigu notekūdeņu dūņu, kā arī *Salmonella spp.* klātbūtne.

Dūņu paraugu testēšanu veica Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras Vides laboratorijā. Patogēno baktēriju testēšanas metodes bija šādas:

Clostridium perfringens – LVS ISO 7937:1997, metodes princips – koloniju skaitīšanas metode;

Escherichia coli – APHA, Standard methods, 9222A-D, metodes princips – membrānu filtrācijas metode;

Enterococci (zarnu enterokoki) – LVS EN ISO 7899-2:2001, metodes princips – membrānas filtrācijas metode;

Salmonella spp. – LVS 366:2003, metodes princips – salmonellas sugu klātbūtnes (semikvantitatīvā) noteikšana.

Testēšanas gaitā noteikts *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* un *Enterococci* KVV g⁻¹. *Salmonella spp.* klātbūtne (ir vai nav) noteikta 50 g svaigu dūņu.

Novērojumu rezultātu apstrādes gaitā aprēķināti vidējie patogēno baktēriju daudzumi piecos novērojumu ciklos atsevišķi katrai notekūdeņu BAI. Lai būtu iespējams salīdzināt atsevišķu notekūdeņu BAI vidējos rādītājus, tie pārrēķināti uz patogēno baktēriju KVV daudzumu vienā gramā dūņu sausnas.

Escherichia coli un *Clostridium perfringens* KVV g⁻¹ daudzums izvērtēts pēc Lietuvā izstrādātās klasifikācijas [11]. Dūņu ilgstošas uzglabāšanas, kā apstrādes veida, efektivitāte attiecībā uz *Escherichia coli* un

3. tabula / Table 3

Vidējais patogēno baktēriju daudzums (klātbūtne) svaigās notekūdeņu dūņās
The average amounts (occurrence) of pathogenic bacteria in raw sewage sludge

BAI / BTP	Dūņas / Sewage sludge	<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterococci</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Salmonella spp.</i> 50 g mitru dūņu / in 50 g of moist sludge
		KVV g ⁻¹ dūņu / cfu g ⁻¹ of sewage sludge			
Rīgas	dabiski mitras / naturally moist	24 000	171 000	317 000	60*
	dūņu sausna / DM	101 000	722 000	1 338 000	
Liepājas	dabiski mitras / naturally moist	198 000	363 000	73 000	60*
	dūņu sausna / DM	1 094 000	3 514 000	403 000	
Rēzeknes	dabiski mitras / naturally moist	637 000	1 007 000	220 000	40*
	dūņu sausna / DM	3 579 000	5 657 000	1 236 000	
Cēsu	dabiski mitras / naturally moist	133 000	207 000	28 000	80*
	dūņu sausna / DM	751 000	1 169 000	158 000	
Salaspils	dabiski mitras / naturally moist	17 000	30 000	24 000	60*
	dūņu sausna / DM	3 320 000	6 100 000	4 860 000	
Ozolnieki	dabiski mitras / naturally moist	6 900	30 000	19 000	20*
	dūņu sausna / DM	2 091 000	9 091 000	5 727 000	

* – klātbūtne (+) piecos testētajos paraugos, % / occurrence (+) in five samples, %

Enterococci daudzuma izmaiņām vērtēta pēc logaritmiskā principa, kas norādīts ES jaunās direktīvas projekta 3. variantā [4].

Rezultāti un diskusija

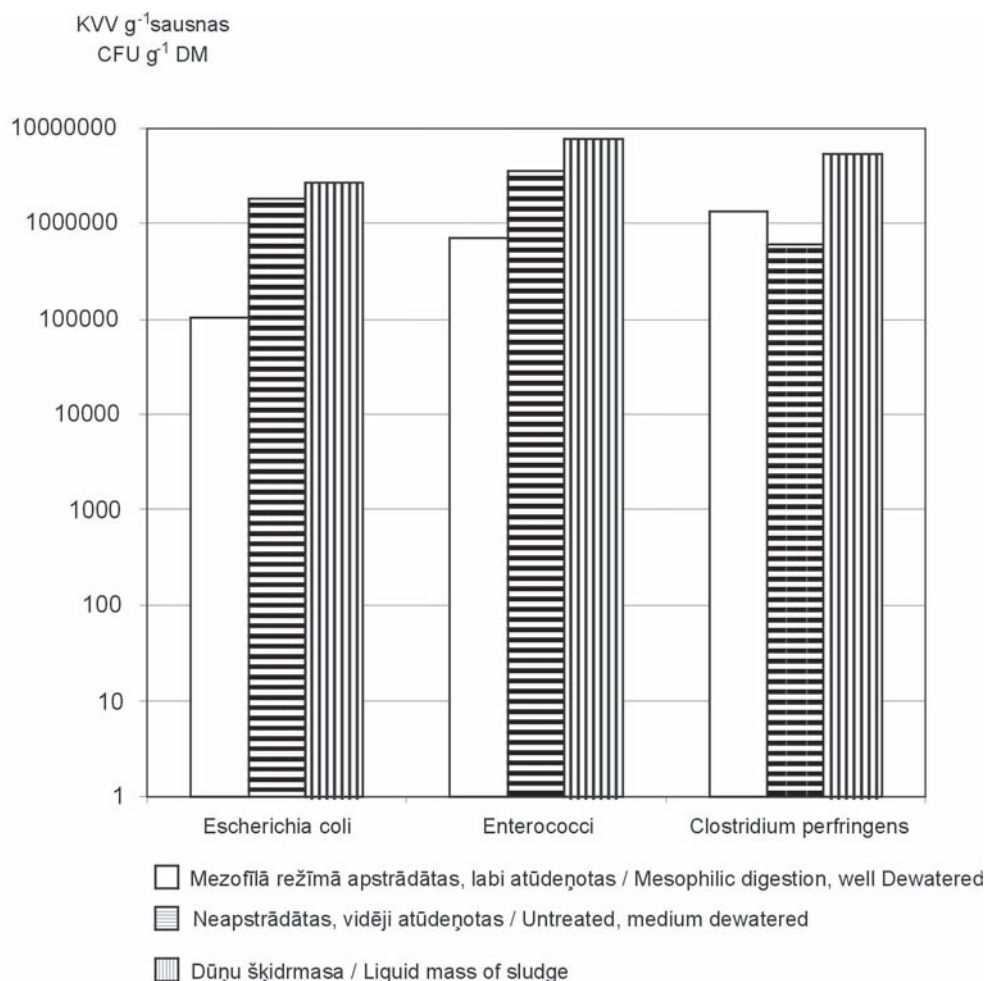
Patogēno baktēriju daudzums notekūdeņu dūņās

Escherichia coli (turpmāk *E.coli*) pieder zarnu baktēriju grupai, kas ir pastāvīga cilvēku un dzīvnieku zarnu trakta apdzīvotāja. No zarnām kopā ar fekālijām apkārtējā vidē nokļūst liels daudzums šo baktēriju, no kurām lielākā daļa ir viena suga – *E.coli* – zarnu nūjiņa. Tādēļ šīs baktērijas daudzums kalpo par indikatoru vides komponentu fekālā piesārņojuma līmeņa raksturošanai. Cilvēkam baktērija *E.coli* ir nosacīti patogēna. No lielās *E.coli* formu daudzveidības tikai dažas ir patogēnas (piemēram, 0157), kad to daudzums paliecinās. *E.coli*, tāpat kā vairums baktēriju, pēc nokļūšanas augsnē var saglabāties līdz 70 diennaktīm, bet vairumā gadījumu – līdz 20 diennaktīm [12].

Sevišķi daudz *E.coli* ir notekūdeņos, kuru attīrīšanas gaitā tās lielā daudzumā nonāk dūņās. Tāpēc, kā tas norādīts attiecīgajos normatīvajos aktos, pirms dūņu izmantošanas jāveic to apstrādi, lai ievērojami samazinātu patogēno mikroorganismu daudzumu un uzlabotu dūņu fizikāli-ķīmiskos u.c. īpašību rādītājus.

Rīgas notekūdeņu BAI mezofilajā režīmā apstrādātu dabiski mitru svaigu dūņu vienā gramā bija vidēji 24 000 (2.4×10^4) *E. coli* KVV g^{-1} , bet, pārreķinot uz vienu gramu sausas – 101 000 (10^5) KVV g^{-1} (3. tabula, 1. attēls). Apstrādātu dūņu sausnā, salīdzinot ar neapstrādātām, *E.coli* daudzums ir apmēram 18 reizes mazāks ($1.3 \log_{10}$).

Līdzīgi vidējie rādītāji iegūti Zviedrijā veiktajos pētījumos, kur mezofilā režīmā apstrādātās dūņās *E.coli* daudzums bija 37 667 KVV g^{-1} . Šāds apstrādes veids samazināja *E.coli* daudzumu apmēram 10 reizes [9]. Iepriekš minēto novērojumu rezultāti liecina, ka *E.coli* daudzuma samazinājums dūņās, apstrādājot tās metāntankos mezofilajā režīmā, uzskatāms par nepie-



1. att. Vidējais patogēno baktēriju daudzums svaigās notekūdeņu dūņās.

Fig. 1. Average amounts of pathogenic bacteria in raw sewage sludge.

tiekamu, jo ES jaunās direktīvas projektā ir prasība dūņu apstrādes rezultātā panākt šīs baktērijas samazināšanos, kas atbilst vismaz 2 log₁₀ jeb 100 reizēm.

Pēc Lietuvā izstrādātās dūņu klasifikācijas, attiecībā uz *E.coli* klātbūtni Rīgas notekūdeņu BAI dūņas atbilst vidēji piesārņotu (B) dūņu klasei [11].

Trīs notekūdeņu BAI (Liepāja, Rēzekne, Cēsis) neapstrādātās svaigās dabiski mitrās dūņās vidēji konstatēti 323 000 (3.23x10⁵) *E.coli* KVV g⁻¹, bet, pārrēķinot uz sausu – 1 800 000 (1.8x10⁶) KVV g⁻¹. Pēc iepriekš minētās Lietuvas klasifikācijas, šo pilsētu dūņas atbilst ļoti piesārņotu (C) dūņu klasei. Ievērojami mazāks *E.coli* daudzums konstatēts Viļņas notekūdeņu BAI dabiski mitrās, neapstrādātās dūņās – 120 000 (1.2x10⁵) KVV g⁻¹, kas atbilst vidēji piesārņotu (B) dūņu klasei [8]. Tomēr visi iepriekš minētie *E.coli* KVV daudzuma rādītāji ir ievērojami mazāki par EK ziņojumā minēto tipisko *E.coli* daudzumu dabiski mitrās dūņās – 10⁶ KVV g⁻¹ [10].

Ar *E.coli* visvairāk piesārņotas ir Rēzeknes un Salaspils notekūdeņu BAI dūņas.

Zarnu enterokoki (turpmāk *Enterococci*) ir viena no streptokoku sugām. Tie parasti ir zarnu apdzīvotāji. Ja tie nokļūst uz ādas, citos orgānos vai audos, tie var izsaukt strutojošus iekaisumus. *Enterococci* ir izturīgi pret augstām un zemām temperatūrām.

Enterococci, tāpat kā *E. coli*, var izmantot par indikatoru dūņu sanitāri-higiēniskā stāvokļa, kā arī dūņu apstrādes efektivitātes raksturošanai [10].

Rīgas notekūdeņu BAI mezofilajā režīmā apstrādātu dabiski mitru svaigu dūņu vienā gramā bija vidēji 171 000 (1.7x10⁵) *Enterococci* KVV, bet, pārrēķinot uz vienu gramu sausas – 722 000 (7.2x10⁵) KVV (3. tabula, 1. attēls). Dūņu apstrāde mezofilajā režīmā samazināja šo baktēriju daudzumu dūņu sausnā apmēram 5 reizes (0.7 log₁₀). Salīdzinot ar *E.coli*, *Enterococci* daudzuma samazinājums ir apmēram 3 reizes mazāks, kas liecina par šīs baktērijas lielāku izturību.

Arī Zviedrijā veiktos analogiskos pētījumos, apstrādājot dūņas mezofilajā režīmā, *Enterococci* daudzums samazinājies 5 reizes [9]. Vienlaicīgi jāatzīmē, ka Zviedrijas notekūdeņu BAI dūņās *Enterococci* daudzums ir ievērojami mazāks par mūsu novērojumos konstatēto.

Trīs notekūdeņu BAI (Liepāja, Rēzekne, Cēsis) neapstrādātās svaigās dabiski mitrās dūņās vidēji konstatēti 526 000 (5.3x10⁵) *Enterococci* KVV g⁻¹, bet, pārrēķinot uz vienu gramu sausas – 3 447 000 (3.4x10⁶) KVV. Vislielākais šo baktēriju daudzums novērots Rēzeknes notekūdeņu BAI dūņās.

Dūņu šķidrmasas (Ozolnieki, Salaspils) sausnā vidējais *Enterococci* KVV daudzums bija apmēram 2 reizes lielāks nekā neapstrādātu, vidēji atūdeņotu dūņu sausnā.

Clostridium perfringens pieder pie cilvēkiem patogēnām baktērijām, kas izraisa tādas slimības kā

stīvuma krampji, botulisms, gāzes gangrēna u.c. Šī baktērija vairojas anaerobos apstākļos, it sevišķi labi 37 °C temperatūrā. Tā veido ļoti izturīgas sporas. *Clostridium perfringens* pastāvīgi sastop augsnē, un tās bieži atrod arī cilvēku un dzīvnieku zarnu traktā.

Rīgas notekūdeņu BAI mezofilajā režīmā apstrādātās dabiski mitrās svaigās dūņās bija vidēji 317 000 (3.17x10⁵) *Clostridium perfringens* KVV g⁻¹, bet, pārrēķinot uz sausu – 1 338 000 (1.34x10⁶) KVV g⁻¹. Karingtons (E.G. Carrington) ziņojumā Eiropas komisijai norāda, ka *Clostridium perfringens* sporu skaits nedrīkst pārsniegt 3000 KVV g⁻¹ dūņu sausas [10]. Mēs uzskatām, ka šādu rādītāju var iegūt, pakļaujot dūņas vienam no pastiprinātas apstrādes veidiem [4].

Atšķirībā no *E.coli* un *Enterococci* novērojumu rezultātiem mezofilā režīmā apstrādātajās dūņās *Clostridium perfringens* KVV daudzums dūņu sausnā bija apmēram divas reizes lielāks, salīdzinot ar neapstrādātu dūņu sausu. Tas izskaidrojams ar to, ka šo baktēriju vairošanos metāntankos veicina anaerobie apstākļi un temperatūra, kas ir tuva optimālajai – 37°C.

Līdzīgi rezultāti iegūti arī Zviedrijā veiktajos novērojumos. Pēc dūņu apstrādes mezofilajā režīmā *Clostridium spp.* daudzums KVV g⁻¹ palielinājies apmēram 3 reizes [9].

Vislielākais *Clostridium perfringens* daudzums (vidēji 5.3x10⁶ KVV g⁻¹ sausas) konstatēts dūņu šķidrmasā, kur to vairošanos veicina anaerobie apstākļi.

Mūsu novērojumos gan mezofilā režīmā apstrādātās, gan neapstrādātās dūņas pēc *Clostridium perfringens* KVV daudzuma atbilst vidēji piesārņotu (B) dūņu klasei.

Viļņas notekūdeņu BAI dabiski mitrās dūņās, kas nav pakļautas apstrādei metāntankos, konstatēts ievērojami mazāks *Clostridium perfringens* daudzums – 10 000 KVV g⁻¹. Šīs dūņas jau pirms apstrādes ar kaļķi atbilst maz piesārņotu (A) dūņu klasei [8].

Salmonellas pieder pie patogēnām zarnu nūjiņām. Tām ir daudz serotipu, tās neveido kapsulas un sporas. Salmonellas ir fakultatīvi anaerobas, to vairošanās optimālā temperatūra ir 37 °C. Tās var ilgi saglabāties ūdenskrātuvēs. Šī baktērija labāk izdzīvo, ja apkārtējā vidē ir mazāk citu mikroorganismu. Labi saglabājas un pat vairojas pārtikas produktos (pienā, olās, salātos u.c.). Salmonellas ir patogēnas cilvēkiem un daudziem dzīvniekiem. Inficēšanās notiek, ja uzturā lieto ar Salmonellām inficētus pārtikas produktus. Tipiska slimības aina – vemšana, caureja, asas sāpes vēderā, sirdsdarbības traucējumi u.c. Salmonellām ir ļoti iedarbīgs, karstuma izturīgs endotoksīns, kas atbrīvojas, sabrūkot mikroorganismu šūnām.

Mūsu novērojumos, testējot dūņu paraugus, notei-

***Salmonella* spp. klātbūtne 50 g svaigu, dabiski mitru notekūdeņu dūņu**
Occurrence of *Salmonella* spp. in 50 grams of naturally moist raw sewage sludge

BAI / BTP	Novērojumu cikli / Observation cycles					Klātbūtne (+) no novērojumu skaita, % / Occurrence from the number of observations, %
	1.	2.	3.	4.	5.	
Rīgas	+	+	–	+	–	60
Rēzeknes	–	–	+	+	–	40
Cēsu	+	+	+	+	–	80
Liepājas	+	–	+	+	–	60
Salaspils	–	–	+	+	+	60
Ozolnieku	–	–	–	+	–	20

ca tikai *Salmonella* spp. klātbūtni (4. tabula). Mezofilā režīmā apstrādātu dūņu paraugos *Salmonella* spp. klātbūtne konstatēta 60%, bet neapstrādātās dūņās – 52% gadījumu. Cēsu notekūdeņu BAI *Salmonella* spp. konstatēta visbiežāk – 80% paraugu. Iespējams, tas izskaidrojams ar to, ka šīs pilsētas kanalizācijā bez priekšattīrīšanas ievada gaļas kombināta un alus darītavas notekūdeņus.

Samērā līdzīgi rezultāti iegūti Zviedrijā 2000.-2002. gadā veiktajos novērojumos. Testējot 64 neapstrādātus un 69 pārsvarā mezofilā režīmā apstrādātu dūņu paraugus, *Salmonella* spp. klātbūtne konstatēta attiecīgi 67% un 55% gadījumu [9]. Iepriekš minētais liecina, ka dūņu apstrāde mezofilā režīmā būtiski nesamazina *Salmonella* spp. klātbūtni.

Vēl jāatzīmē, ka visu novēroto patogēno baktēriju daudzums (klātbūtne) pa novērojumu cikliem bija ļoti atšķirīgs vienā un tajā pašā notekūdeņu BAI. Tā, piemēram, Rīgas notekūdeņu BAI mezofilajā režīmā apstrādātās dūņās *E.coli*, *Enterococci* un *Clostridium perfringens* daudzums KVV g⁻¹ pa sevišķiem cikliem atšķīrās pat 23-45 reizes. Atšķirīgi ir arī atsevišķu patogēno baktēriju daudzumi dažādās notekūdeņu BAI. Tā, piemēram, Liepājas, Rēzeknes un Cēsu notekūdeņu BAI, kas darbojas ar līdzīgu notekūdeņu attīrīšanas un dūņu atūdeņošanas tehnoloģiju, patogēno baktēriju vidējie daudzumi visā novērojumu periodā atšķīrās 5-8 reizes.

Vislielākais summārais piesārņojums ar patogēnām baktērijām konstatēts dūņu šķidrmasā, pārrēķinot uz sausu, bet no notekūdeņu BAI, kur veic dūņu atūdeņošanu – Rēzeknes notekūdeņu BAI dūņu sausa.

Patogēno baktēriju daudzuma izmaiņas dūņās uzglabāšanas ietekmē

Dūņu uzglabāšana bez pārjaukšanas ir ES direktīvā 86/278/EEC uzrādīta kā dūņu apstrādes veids.

Nacionālajos normatīvajos aktos katra valsts nosaka nepieciešamo minimālo dūņu uzglabāšanas ilgumu. Latvijas MK 20.08.2002. noteikumos Nr. 365 ir norādīts, ka dūņas uzskatāmas par apstrādātām, ja tās ir uzglabātas vismaz sešus mēnešus [13]. ES dūņu apsaimniekošanas jaunās direktīvas projektā dūņu ilgstoša uzglabāšana minēta kā viens no to konvencionālās apstrādes veidiem. Šajā dokumentā arī norādīts, ka konvencionālās apstrādes rezultātā *Escherichia coli* (kā jau iepriekš minēts, to uzskata par dūņu sanitāri-higieniskā stāvokļa indikatoru) KVV daudzums dūņās jāsamazina par 2 log₁₀ [4].

Jāatzīmē, ka pagaidām Latvijā ir samērā maz pētījumu par patogēnu, t.sk. patogēno baktēriju, daudzuma izmaiņām dūņās, tās uzglabājot dažāda ilguma periodus.

Mūsu darbā šādi novērojumi veikti trīs notekūdeņu bioloģiskajās attīrīšanas iekārtās, kur patogēno baktēriju daudzums (klātbūtne) noteikts svaigās, kā arī tās pašas sērijas sešus un 12 mēnešus uzglabātos dūņu paraugos.

E.coli un *Enterococci* ir samērā neizturīgas, tām nokļūstot nepiemērotos dzīves apstākļos. Par to liecina arī mūsu novērojumi. Mezofilā režīmā apstrādātās dūņās pēc 6 mēnešu uzglabāšanas *E.coli* un *Enterococci* KVV daudzums bija samazinājies attiecīgi līdz 1.3% un 0.1% no svaigās dūņās novērotā daudzuma (5. tabula, 2. un 3. att.). Šāds samazinājums (1.9 log₁₀ un 3.4 log₁₀) praktiski atbilst iepriekš minētās ES jaunās direktīvas projekta prasībām (2 log₁₀). Pēc dūņu 12 mēnešu uzglabāšanas šīs abas baktērijas bija vairs tikai 0.1% no to sākotnējā daudzuma (samazinājums – 2.8 log₁₀ un 2.7 log₁₀), kas pilnībā atbilst iepriekš minētajām prasībām.

Clostridium perfringens ir izturīga pret tai netipiskiem dzīves apstākļiem. Tāpēc mezofilā režīmā apstrādātās dūņās pēc 6 un 12 mēnešu uzglabāšanas

Patogēno baktēriju daudzuma izmaiņas notekūdeņu dūņās uzglabāšanas ietekmē
Change in pathogenic bacteria amounts in sewage sludge as influenced by storage

Baktērijas / Bacteria	BAI / BTP	Notekūdeņu dūņu uzglabāšanas ilgums / Duration of storage		
		svaigas / raw	6 mēneši / 6 months	12 mēneši / 12 months
<i>Escherichia coli</i>	Rīgas	<u>251 000</u> 100	<u>3200</u> 1.3	<u>270</u> 0.1
	Rēzeknes	<u>1 208 000</u> 100	<u>47 000</u> 3.9	<u>4400</u> 0.4
	Cēsu	<u>202 000</u> 100	<u>4 100</u> 2	<u>5 800</u> 3
<i>Enterococci</i>	Rīgas	<u>2 015 000</u> 100	<u>800</u> <0.1	<u>2 700</u> 0.1
	Rēzeknes	<u>6 708 000</u> 100	<u>84 000</u> 1.2	<u>24 000</u> 0.4
	Cēsu	<u>1 906 000</u> 100	<u>676 000</u> 35	<u>6 300</u> 0.3
<i>Clostridium perfringens</i>	Rīgas	<u>2 746 000</u> 100	<u>1 272 000</u> 46	<u>1 684 000</u> 61
	Rēzeknes	<u>1 971 000</u> 100	<u>2 084 000</u> 104	<u>1 880 000</u> 95
	Cēsu	<u>136 000</u> 100	<u>729 000</u> 536	<u>269 000</u> 198
<i>Salmonella spp.</i>	Rīgas	+	–	–
	Rēzeknes	–	+	–
	Cēsu	+	+	–

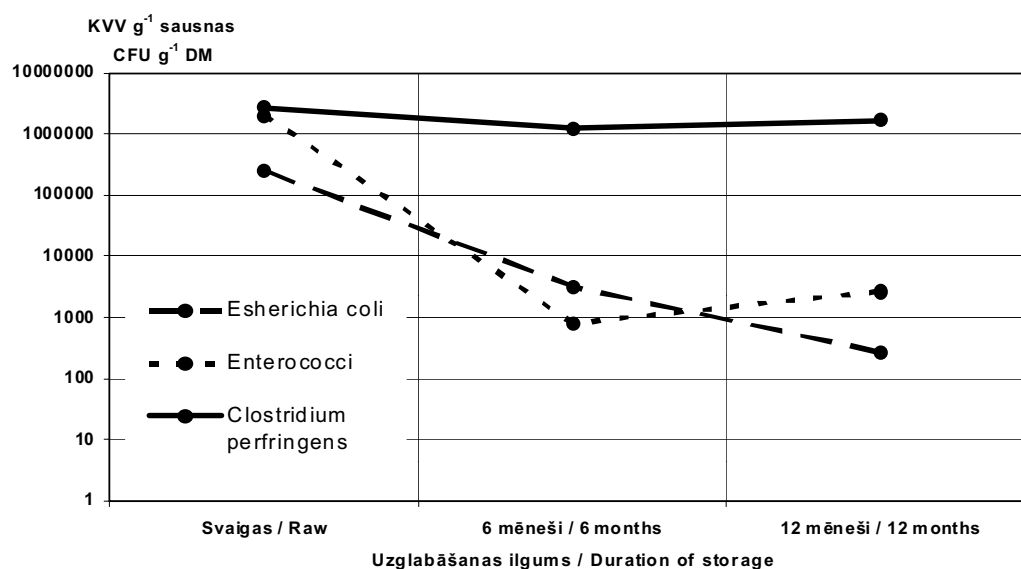
Paskaidrojums / Explanation:

skaitītājā – daudzums sausnā, KVV g⁻¹ / numerator – amounts in DM, cfu g⁻¹;

saucējā – relatīvi sausnā, % / denominator – relatively in DM, %;

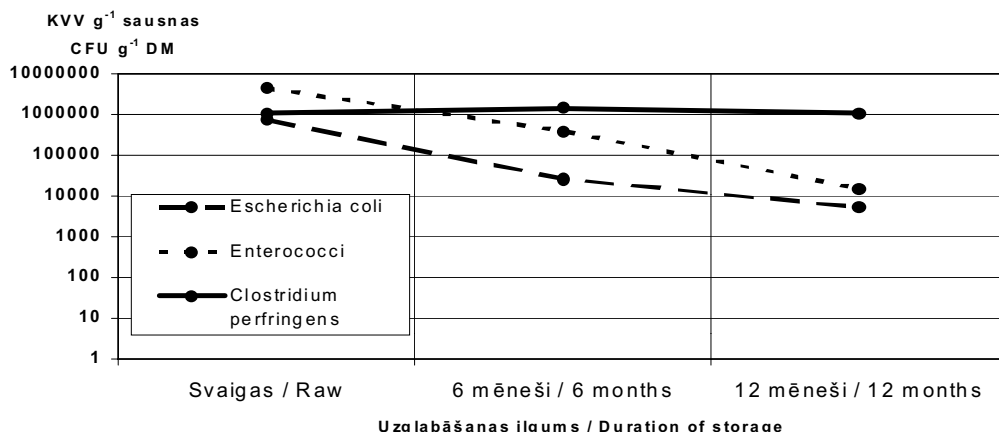
+ – ir konstatētas / are found;

– – nav konstatētas / not found



2. att. Patogēno baktēriju daudzuma izmaiņas mezofilā režīmā apstrādātās labi atūdeņotās notekūdeņu dūņās uzglabāšanas ietekmē.

Fig. 2. Change in pathogenic bacteria amounts in mesophilic digestion, well dewatered sewage sludge as influenced by storage.



3. att. Patogēno baktēriju daudzuma izmaiņas neapstrādātās vidēji atūdeņotās notekūdeņu dūņās uzglabāšanas ietekmē.

Fig. 3. Change in pathogenic bacteria amounts in untreated medium dewatered sewage sludge as influenced by storage.

šīs baktērijas KVV daudzums samazinājies tikai līdz apmēram 50% no tā sākotnējā daudzuma.

Salmonella spp. klātbūtne netika konstatēta jau 6 mēnešus pēc šo dūņu uzglabāšanas.

Neapstrādātās dūņas uzglabājot 6 mēnešus, *E. coli* un *Enterococci* KVV daudzums tajās samazinājās attiecīgi līdz 3.6% un 8.8% no to sākotnējā daudzuma svaigās dūņās (vidēji Cēsu un Rēzeknes BAI). Atšķirībā no mezofilā režīmā apstrādātām dūņām, šajā dūņu grupā pēc 6 mēnešu uzglabāšanas patogēno baktēriju samazinājums ($1.4 \log_{10}$ un $1 \log_{10}$) ir mazāks un neatbilst ES jaunās direktīvas projekta prasībām. Tikai pēc 12 mēnešu uzglabāšanas neapstrādātās dūņās *E. coli* un *Enterococci* KVV daudzuma samazinājums sasniedza vēlamu līmeni (attiecīgi $2.1 \log_{10}$ un $2.4 \log_{10}$).

Neapstrādātu dūņu uzglabāšanas laikā nav novērotas likumsakarīgas *Clostridium perfringens* KVV daudzuma izmaiņas: pēc 6 mēnešu uzglabāšanas šīs baktērijas daudzums palielinājās par 33%, bet pēc 12 mēnešiem sasniedza tā sākotnējo daudzumu.

Salmonella spp. klātbūtne pēc sešu mēnešu ilgas neapstrādātu dūņu uzglabāšanas konstatēta 66% paraugu, bet pēc 12 mēnešu uzglabāšanas šī baktērija netika konstatēta nevienā dūņu paraugā.

Pamatojoties uz iepriekš minētajiem novērojumu rezultātiem un izmantojot ārzemju pieredzi jaunajos MK 02.05.2006. noteikumos Nr. 362 „Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to kompostu izmantošanu, monitoringu un kontroli” ir norādīts, ka viens no dūņu apstrādes veidiem ir to uzglabāšana bez sajaukšanas un pārvietošanas vismaz 12 mēnešus.

Secinājumi

1. Atkarībā no dūņu apstrādes un atūdeņošanas pakāpes, piecos novērojumu ciklos patogēno baktēriju vidējais daudzums (KVV g^{-1}) notekūdeņu dūņu sausnā bija:

Escherichia coli – $101\,000 (1 \times 10^5) - 3\,580\,000 (3.6 \times 10^6)$;
Enterococci – $72\,000 (7.2 \times 10^4) - 9\,000\,000 (9 \times 10^6)$;
Clostridium perfringens – $160\,000 (1.6 \times 10^5) - 5\,700\,000 (5.7 \times 10^6)$.

2. Mezofilā režīmā apstrādātu notekūdeņu dūņu sausnā, salīdzinot ar neapstrādātām, *E. coli* daudzums (KVV g^{-1}) bija apmēram 18 reizes, bet *Enterococci* – 5 reizes mazāks, savukārt *Clostridium perfringens* – 2 reizes lielāks.

3. Mezofilā režīmā apstrādātu notekūdeņu dūņu paraugos *Salmonella spp.* klātbūtne konstatēta 60%, bet neapstrādātu dūņu paraugos – 52% gadījumu.

4. Notekūdeņu dūņu apstrāde mezofilā režīmā nenodrošina pietiekamu patogēno baktēriju, t.sk. indikatorbaktērijas *E. coli*, daudzuma samazināšanu.

5. Uzglabājot notekūdeņu dūņas bez pārjaukšanas, *E. coli* un *Enterococci* daudzuma (KVV g^{-1}) samazināšanās sasniedza jaunās ES direktīvas projektā uzrādīto prasību ($2 \log_{10}$):

- mezofilā režīmā apstrādātās dūņās – pēc 6 mēnešiem;
- neapstrādātās dūņās – pēc 12 mēnešiem.

6. Mezofilā režīmā apstrādātās notekūdeņu dūņas *Salmonella spp.* klātbūtne netika konstatēta pēc 6 mēnešu uzglabāšanas, bet neapstrādātās dūņās – pēc 12 mēnešu uzglabāšanas.

7. Mezofilā režīmā apstrādātās dūņas pēc 12 mēnešu uzglabāšanas *Clostridium perfringens* daudzums samazinājās apmēram tikai par 50%, bet neapstrādātās dūņās – praktiski nemainījās.

Literatūra

1. Valsts statistiskā pārskata par ūdens lietošanu 2003. gadā „Nr. 2 – ūdens” apkopojums. (2004) Latvijas Republikas Vides ministrijas Latvijas vides aģentūra, 37 lpp.

2. Valsts statistiskā pārskata par ūdens lietošanu 2004. gadā „Nr. 2 – ūdens” apkopojums. (2005) Latvijas Republikas Vides ministrijas Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra, 37 lpp.
3. Council directive of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture (86/278/EEC). (1986) *Official Journal of the European Communities*, L181, 6-12.
4. EC Working document of sludge – 3rd draft. (2000) ENV.E.3/LM, Brussels, 27 April 2000, 19 pp.: http://europa.eu.int/comm/environment/wastel/sludge/sludge_en.pdf – Resurss apraksts 01.02.2006.
5. Zandmane, A., Kļaviņa, D. (2005) Notekūdeņu dūņu kompostu mikrobioloģiskā kvalitāte vides aizsardzības aspektā. *Latvijas Universitātes 63. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne*. Referāta tēzes. Rīga, 217.-219. lpp.
6. Dubova, L., Zariņa, Dz., Grūbe, M. (2001). Dažādas izcelsmes organisko atkritumu kompostēšana: procesa optimizēšana, komposta kvalitātes raksturošana un tā izmantošana lauksaimniecībā. *II Pasaules latviešu zinātnieku kongress*. Referāta tēzes, Rīga, 457. lpp.
7. Zariņa, Dz., Grūbe, M., Dubova, L., Bērziņš, A. (2004) Likumsakarību izpēte dažādu organisko atkritumu biokonversijā cietfāžu fermentācijas procesos. *Starptautiskā konference "EcoBalt 2004"*. Referāta tēzes, Rīga, 19.-20. lpp.
8. Eitminavičiute, I., Bagdavičiene, Z., Kisielis, V., Janeliauskienė, D. (2001) *Vilniaus miesto nuoteku valyklos dumblo ekologinis invertinimas*. Vilnius, 99 pp.
9. Sahlström, L., Aspan, A., Bagge, E., Danielsson-Tham, M., Albiñ, A. (2004.) Bacterial pathogen incidences in sludge from Swedish sewage treatment plants. *Water Research*, 38, No. 8, pp. 1-6.
10. Carrington, E.G. (2001) *Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction – Final report*. Report No: CO 5026/1, September 2001. European Communities, 44 pp.
11. Nuoteku dumblo naudojimo trešimui reikavimui. *Land 20-2001*. (2001) Lietuvos Respublikos aplinkos ministro isakymas, 7 pp.
12. *Disposal and Recycling Routes for Sewage Sludge*. (2002) Part 3 – Scientific and technical subcomponent report, October 23, 2001. European Commission DG Environment – B/2 – Luxembourg, 221 pp.
13. Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to komposta izmantošanu, monitoringu un kontroli. (2002) LR MK 2002. gada 20. augusta noteikumi Nr. 365. *Latvijas Vēstnesis*, Nr. 119, 23.08.2002., 2.-4. lpp.

Pētījumi par NPK bilanci zemnieku saimniecībās IV. Ogres raj. Ogresgala pagasta „Ogre” Plant Nutrient Balance Studies in Farms of Latvia IV. Farm “Ogre”, Ogre region

Ināra Līpenīte, Aldis Kārklīšs

LLU Augsnes un augu zinātņu institūts, e-pasts: Inara.Lipenite@llu.lv

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

Abstract. The fourth article of the plant nutrient balance studies in farms of Latvia is devoted to farm “Ogre” (see also *Proc. of LLU*, Nos 13 and 16) which is located in central part of the country – in Vidzeme. The farm specializes in crop and animal production but sells mostly animal products (milk). Using similar methodology, NPK Soil surface and Farm–gate balances were calculated for the period of 1999–2003. Both mineral fertilizers and manures were important sources of NPK used in the farm. The proportion of each source was changing year by year reflecting the situation whether manure was the product to buy or to sell. The Soil surface balance for phosphorous was negative in three years (for potassium – in four years) out of five. Nitrogen balance fluctuated from excess 91.4 kg ha⁻¹ of N in 1999, when large quantity of bought poultry manure was used, to -3 kg ha⁻¹ in 2001. To follow the NPK fluxes outside and inside the farm and to clarify the differences between Soil surface and Farm–gate balances, NPK Barn balance was calculated. In this study the more pronounced differences among three types of balances were observed for potassium.

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

Ievads

Galveno augu barības elementu aprīti saimniecībās, kas nodarbojas ar augkopības un lopkopības produkcijas ražošanu, ir komplicēta, jo NPK avoti gan atrodas saimniecībā, gan arī tiek piesaistīti no ārienes, to plūsma notiek virzienā uz saimniecību, saimniecības iekšienē un arī ārā no saimniecības. Turklāt NPK aprīti saimniecībā var attēlot kā atsevišķus ciklus, kuri raksturīgi katram ražošanas sektoram. Lai augu barības elementi tiktu izmantoti efektīvi un nepalielinātu vides riskus, nepieciešams apzināt to aprīti katrā no šīs sistēmas sastāvdaļām (Oborn et al., 2003; Halberg et al., 2005). Pašlaik vairums no plašāk izmantotajām augu barības elementu bilances metodēm (Lauka bilance, Saimniecības bilance) nepietiekami akcentē vai pat vispār neņem vērā barības elementu aprīti saimniecības iekšienē (Oenema, 1999; Watson, Atkinson, 1999; Jarvis, 2001). Tā, piemēram, tikai retos gadījumos lauka līmenī tiek ņemta vērā slāpekļa imobilizācija augsnes organiskajā vielā un savukārt mineralizācijas rezultātā radušos minerālā slāpekļa savienojumu asimilācija augkopības produkcijā (Karlsson et al., 2001). Tas nozīmē, ka slāpekļa savienojumu neto mineralizācija praktiski no aprēķiniem tiek izslēgta, kaut gan tā var būtiski ietekmēt bilances rādītājus, sevišķi, ja to rēķina un skata īstermiņā. Savukārt saimniecībās, kuru pamatnozare ir lopkopība un kur dzīvnieku ēdināšanā izmanto daļu no saimniecībā saražotās augkopības produkcijas, NPK iekšējās aprītes efektivitāte un stabilitāte ir atkarīga no barības līdzekļu sabalansētības dzīvnieku barības devā, zudumu novēršanas kūtmēsļu

ieguves un uzglabāšanas procesā un citiem faktoriem (de Roest, 1999; Kohn et al., 1997; Watson et al., 2005; Kristensen et al., 2005; Toor et al., 2005). Tāpēc tiek uzsvērtā tādu pētījumu nepieciešamība, kuros kompleksi izvērtētu visus augu barības elementu aprītes ciklus un to kvantitatīvos rādītājus, lai iespējami precīzāk, efektīvāk un drošāk varētu vadīt un kontrolēt to plūsmu. Šī procesa ietekmējošo faktoru izpēte ir sevišķi svarīga arī tādā gadījumā, ja NPK bilances rādītājus izmanto par noteiktas saimniecības darbības agroekoloģisko indikatoru.

Lai skaidrotu augu barības elementu aprītes likumsakarības Latvijas zemnieku saimniecībās, veikta slāpekļa, fosfora un kālija ieneses un iznesas uzskaitē un bilanču aprēķini lauka un saimniecības līmenī komerciāla rakstura saimniecībai, kurā dominējošā nozare bija piena lopkopība. Šis ir kārtējais raksts no sērijas, kurā tiek analizēta un diskutēta problēma saimniecību specializācijas un ģeogrāfiskā izvietojuma aspektā.

Materiāli un metodes

Augu barības elementu aprītes pētījumiem un bilanču aprēķiniem nepieciešamās informācijas un datu uzskaitē Ogres rajona Ogresgala pagasta zemnieku saimniecībā “Ogre” veikta laikā no 1999. līdz 2003. gadam. Saimniecība atrodas Viduslatvijas nolaidenuma rietumu daļā ar lēzeni viļņotu un līdzenu reljefu. Reljefs un augsnes veidojušās uz glacigēniem nogulumiem (morēnas mālsmits un smilšmāls). Lauksaimniecībā izmantojamā zeme (LIZ) – lielkontūrainā. Atbilstoši

Latvijas teritorijas reģionālajai rajonēšanai lauksaimniecības vajadzībām (Boruks, 2004), Ogresgala pagasts iedalīts 5.2. reģionā, kas gar Daugavu sniedz no Ikšķiles līdz Skrīveriem un LIZ raksturojas ar labi iekultivētām augsnēm. Šajā reģionā dabas un ekonomiskie apstākļi pamatā ir labvēlīgi intensīvai lauksaimniecībai. Gar Ogresgala pagasta dienvidu un dienvidrietumu robežu plūst Daugava, ziemeļu daļā savā lejtecē līkumo Ogres upe. Saimniecības lauki nerobežojas ar šīm ūdenstilpēm, taču Ogres upē nonāk meliorācijas notece no saimniecības drenējamiem laukiem. Saimniecības tuvumā nav ezeru un purvu, tāpēc nepastāv iespēja slāpekļa un fosfora nonākšanai šajās jūtīgajās ekosistēmās.

Saimniecības zemes kopplatība pētījumu periodā vidēji bija 538 ha, no kuriem aramzeme aizņēma 71.1%, ganības – 25.3%, meži – 1.3% un cita zeme – 2.3%. Dominējošās augsnes – podzolaugnes, glejauksnes un podzolētās glejauksnes. Granulometriskais sastāvs – smilšmāls un mālsmilts. Visa lauksaimniecībā izmantojamā zeme ir drenēta ar slēgto drenāžu.

LIZ agroķīmiskie rādītāji: pH KCl – 5.6–7.3, organiskā viela – 17–65 g kg⁻¹, augiem viegli izmanojamais P₂O₅ – 35–366, K₂O – 46–228 mg kg⁻¹.

Saimniecība nodarbojas ar lopkopības (liellopi) un augkopības (graudaugi) produkcijas ražošanu. Ganāmpulku veidoja slaucamās govys, teļi (līdz 6 mēn.) un teles (6–24 mēn.) – vidēji 211 DV (dzīvnieku vienības*) gadā. Lopbarībai tika audzēta kukurūza un daudzgadīgie zālāji, arī tauriņzieži. Iegūtos seklās kūts pakaišu kūtsmēslus pārsvarā izmantoja kultūraugu mēslošanai, bet nelielu daudzumu arī realizēja. Savukārt 1999. gadā papildus tika iepirkti putnu mēsli. Augu barības elementu krājumi saimniecībā tika papildināti ar iepirktiem minerālmēsliem, iepirktiem dzīvniekiem, 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 organiskiem 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, salmi) un lopkopības (piens, gaļa, kūtsmēsli) produkcijas apjomu. Saimniecībā periodiski tika ievākti un analizēti kūtsmēslu paraugi, nosakot sausnas un NPK saturu tajos. Saimniecībai pētījumu periodā (pa gadiem un pa visu pētniecības periodu) tika aprēķināti divi augu barības elementu bilanču veidi – NPK lauka balance un NPK saimniecības balance. Bilanču aprēķinu metodiku skatīt autoru iepriekšējā publikācijā (Kārklīšs, Līpenīte, 2005). Analizēta arī NPK aprīte lopkopības nozarē, veicot tā

saukto „Kūts balances” aprēķinu. Kūts bilanci 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

Dati par slāpekļa, fosfora un kālija ienesu augsnē pētījumu periodā saimniecībā “Ogre” ir sakopoti 1. tabulā. Pa gadiem ienesas struktūra un augsnē iestrādāto galveno augu barības elementu masa ievērojami svārstījās. NPK ienesas pamatmasu veidoja saimniecībā uzkrātie kūtsmēsli un iepirktie minerālmēsli. Kūtsmēsli kā augu barības elementu avots pētījumu periodā bija visstabilākie, jo to masa pa gadiem mainījās samērā maz. Tikai 2003. gadā, kad saimniecībā ievērojami palielinājās LIZ platība un pie tam 700 t kūtsmēslu tika pārdotas, NPK ienesa ar kūtsmēsliem uz 1 ha samazinājās salīdzinājumā ar 2002. gadu par 14.7 kg N, 8.3 kg P₂O₅ un 11.3 kg K₂O. Savukārt izmantoto minerālmēslu masa pa gadiem mainījās un ar tiem iestrādātā NPK norma pakāpeniski palielinājās. Tā, piemēram, 2000. gadā kultūraugu mēslošanai saimniecībā izmantoja 1.9 t, bet 2003. g. – jau 29.8 t slāpekļa. Taču fosforam un kālijam šāds palielinājums nebija vērojams, līdz ar to šo elementu zemais īpatsvars mēslojumā varēja ietekmēt arī slāpekļa izmantošanās efektivitāti. 1999. gadā visvairāk slāpekļa, fosfora un kālija augsnē nonāca ar iepirktajiem putnu mēsliem. Kopā ar saimniecībā saražotajos kūtsmēslos un lietotajos minerālmēslos esošajiem NPK krājumiem šajā gadā augsnē pavisam iestrādāja 138.5 kg ha⁻¹ N, 89.3 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 91.1 kg ha⁻¹ K₂O. Pārējos gados ienesas lielums bija atkarīgs no NPK masas iepirktajos minerālmēslos. Būtisku slāpekļa ienesas daļu saimniecībā deva arī bioloģiski saistītais slāpekļis, kas uzkrājās, pateicoties tauriņziežu kultivēšanai, un vidēji pētījumu periodā veidoja 24.8% no kopējās slāpekļa ienesas. Vidēji 1999.–2003. g. ar mēslojumu, N bioloģisko fiksāciju un sēklu uz 1 ha lauksaimniecībā izmantotās zemes nonāca 85.5 kg N, 25.5 kg P₂O₅ un 39.5 kg K₂O, tādējādi slāpekļa, fosfora un kālija attiecība ienesā bija 1:0.26:0.46. Tā kā 1999. gads atšķīrās no pārējā pārskata perioda ar neraksturīgi lielu NPK ienesu ar iepirktajiem putnu mēsliem, tad vidējā ienesa nākamajos 4 gados bija zemāka par vidējo visā pētījumu periodā – attiecīgi tikai 74.2, 16.0 un 31.3 kg jeb N:P:K = 1:0.22:0.42.

Augkopības nozare saimniecībā galvenokārt nodrošināja ganāmpulku ar zāles un koncentrēto lopbarību. Sējumu struktūrā (1. att.) aptuveni pusi no sējplatības aizņēma graudaugi (ziemas rudzi, tritikāle, mieži, auzas, griķi), no kuriem zināma daļa graudu,

* Aprēķinātas, ņemot vērā ar kūtsmēsliem izdalīto slāpekli gadā.

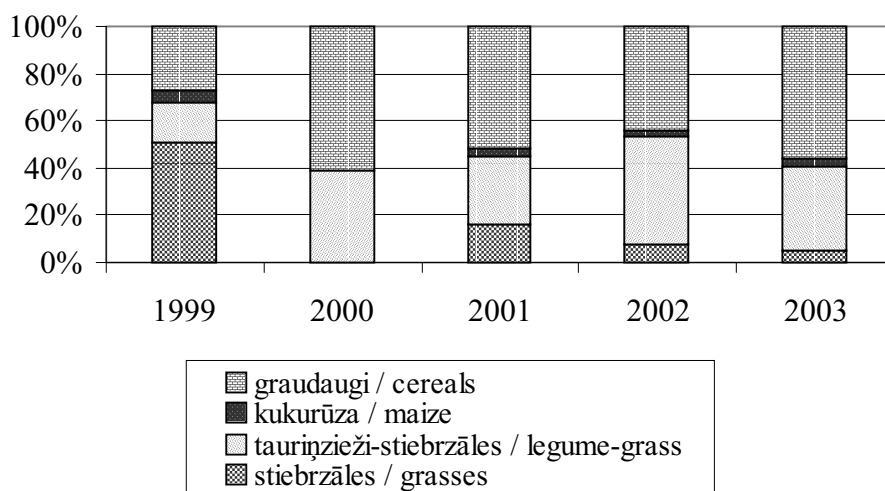
NPK ienesa augsnē, kg ha⁻¹ LIZ
NPK input into soil, kg ha⁻¹ of agricultural land

Rādītājs / Variable	1999	2000	2001	2002	2003
SLĀPEKLIS / NITROGEN					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	17.7	4.4	7.5	24.5	40.8
Organiskie mēsli / Manure	39.3	34.5	30.3	33.1	18.4
Iepirktie organiskie mēsli / Purchased manure	81.4	–	–	–	–
Sēkla / Seed	0.9	2.1	1.8	1.5	1.6
Biol. fiksētais N / Biologically fixed N	10.9	22.7	19.7	26.8	23.2
FOSFORS / PHOSPHOROUS, P₂O₅					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	–	18.9	4.0	12.9	7.2
Organiskie mēsli / Manure	17.4	14.8	12.7	13.9	5.6
Iepirktie organiskie mēsli / Purchased manure	71.9	–	–	–	–
Sēkla / Seed	0.5	1.1	0.9	0.7	0.8
KĀLIJS / POTASSIUM, K₂O					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	–	21.8	1.6	14.8	10.4
Organiskie mēsli / Manure	34.0	29.0	24.8	26.4	15.1
Iepirktie organiskie mēsli / Purchased manure	57.1	–	–	–	–
Sēkla / Seed	0.3	0.7	0.6	0.5	0.5

atsevišķos gados arī salmu, tika realizēta. Otru pusi aizņēma daudzgadīgie zālaugi – gan stiebrzāles, gan arī āboliņa–stiebrzāļu un lucernas–stiebrzāļu maisījumi. Nelielās platībās tika audzēta kukurūza skābbarībai. Augu barības elementu iznesu tādējādi veidoja visā augkopības pamatprodukcijā un blakus produkcijā uzkrātā NPK masa.

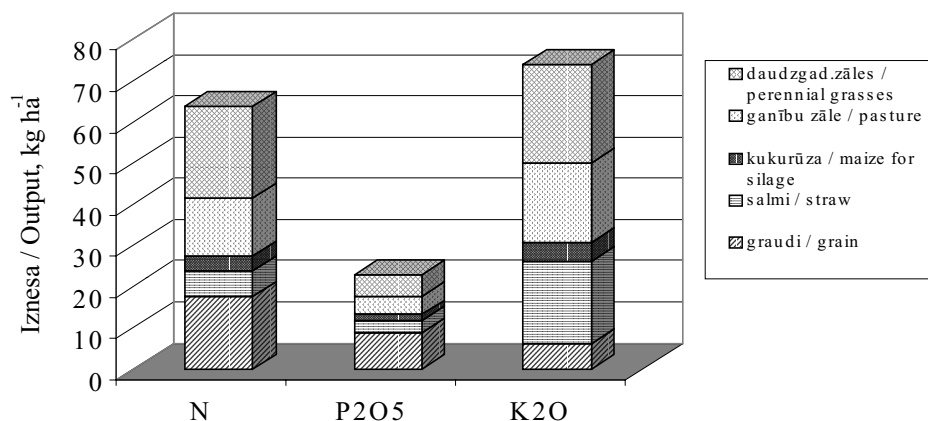
Pētījumu periodā kopējā NPK iznesa ar iegūto kultūraugu ražu palielinājās aptuveni 2.5 reizes

proporcionāli sējplatības palielinājumam. Iznesa no 1 ha pa gadiem mainījās salīdzinoši nedaudz, taču bija vērojama zināma ražības un līdz ar to arī iznesas palielināšanās. Vidēji 1999.–2003. gadā ar graudaugu, daudzgadīgo zālaugu, kukurūzas un ganību zāles ražu iznesa veidoja 63.8 kg ha⁻¹ N, 22.9 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 73.9 kg ha⁻¹ K₂O. Slāpekļa, fosfora un kālija attiecība iznesā bija 1:0.36:1.16. No audzētajiem kultūraugiem visvairāk slāpekļa un fosfora tika iznests ar graudaugu ražu, un



1. att. Sējumu struktūra saimniecībā.

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



2. att. NPK iznesa ar novākto kultūraugu ražu (vidēji 1999.–2003. g.).

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

šie elementi pārsvarā akumulējās graudos. Salmos, kurus arī novāca no lauka, bija lielāks kālija īpatsvars – kālija iznesa ar salmiem 3 reizes pārsniedza slāpekļa iznesu. Salīdzinoši daudz slāpekļa un īpaši kālija, bet mazāk fosfora iznesa ar zālājiem (2. att.).

NPK kopējā ienesa augsnē un iznesa ar ražu pētījumu periodā pa gadiem ir parādīta 2. tabulā. Aprēķins rāda, ka augu barības elementu iznesa ar ražu vāji korelē ar to ienesu augsnē ($r=0.32$). Pētījumu laikā ienesa pa gadiem bija mainīga un atkarīga no mēslošanas līdzekļu iegādes iespējām un apjomiem, pie kam atšķirīgs bija arī

atsevišķu augu barības elementu īpatsvars mēslojumā, kas mainīja N:P:K attiecību. Visos gados ienesā dominēja slāpekļis un, izņemot 2001. gadu, tā ienesa pilnībā nosedza slāpekļa iznesu ar ražu. NPK Lauka bilance 1999. gadā ievērojami atšķīrās no pārējā pētījumu perioda, jo lauka līmenī veidojās liels ražā nesaistītā slāpekļa un arī fosfora pārpalikums. Šajā gadā arī augsnē iestrādātais kālija daudzums bija pietiekošs tā iznesai, kā dēļ kālija lauka bilance bija pozitīva un pārpalikums veidoja 17.9 kg ha⁻¹ K₂O.

Kā rāda bilances aprēķini, laikā no 2000. līdz 2003.

2. tabula / Table 2

NPK Lauka bilance saimniecībā, kg
NPK Soil surface balance in the farm, kg

Rādītājs / Variable	1999	2000	2001	2002	2003
SLĀPEKLIS / NITROGEN					
Ienesa augsnē / Input	57651	27109	33187	42484	61280
Iznesa ar ražu / Removal by crops' yield	22584	24874	34885	31239	52003
Pārpalikums vai deficīts / Excess or deficit	35067	2235	-1698	11245	9277
Bilance / Balance, kg ha ⁻¹	91.4	5.2	-3.0	22.7	12.7
FOSFORS / PHOSPHOROUS, P₂O₅					
Ienesa augsnē / Input	30752	11450	5865	9749	8249
Iznesa ar ražu / Removal by crops' yield	7698	9441	12776	11150	18374
Pārpalikums vai deficīts / Excess or deficit	23054	2009	-6911	-1401	-10125
Bilance / Balance, kg ha ⁻¹	60.1	4.7	-12.3	-2.8	-13.9
KĀLIJS / POTASSIUM, K₂O					
Ienesa augsnē / Input	33233	20532	12808	18714	17134
Iznesa ar ražu / Removal by crops' yield	26348	29270	40761	34188	61243
Pārpalikums vai deficīts / Excess or deficit	6885	-8738	-27953	-15474	-44109
Bilance / Balance, kg ha ⁻¹	17.9	-20.5	-49.9	-31.3	-60.5

gadam fosfora un kālija balance pārsvarā bija negatīva, tātad ražas veidošanai notika intensīva augiem viegli izmantojamo fosfora un kālija augsnes rezervju izmantošana. Vidēji gadā pārskata perioda laikā ražā netika saistīti 21.6 kg ha⁻¹ N un 2.6 kg ha⁻¹ P₂O₅, bet 34.5 kg ha⁻¹ K₂O tika izmantoti no augsnes rezervēm. Šie rezultāti parāda nepietiekamo fosfora un kālija mēslojuma lietošanas intensitāti, kas būtiski varēja ietekmēt iegūtās ražas lielumu un tās kvalitāti.

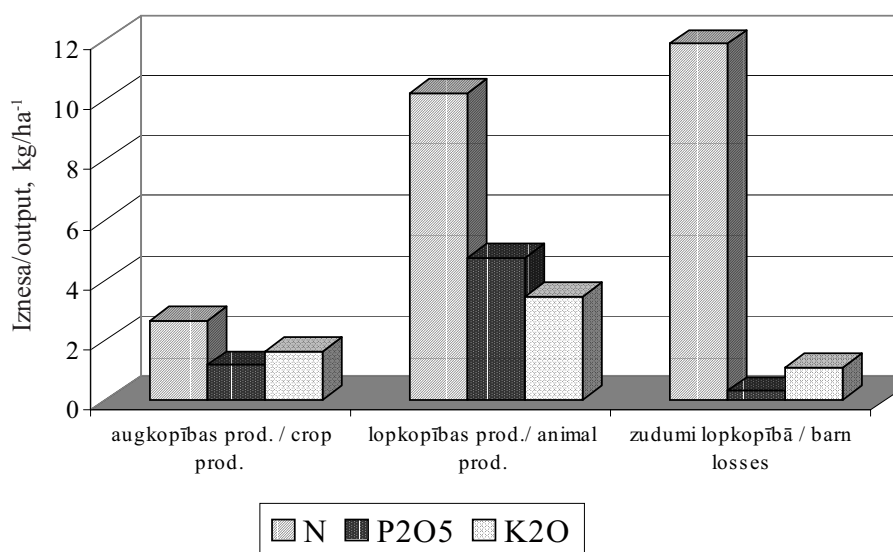
Rēķinot saimniecības bilanci, augu barības elementu ienesu saimniecībā veidoja iepirktie produkti: minerālmēsli un iepirktie organiskie mēsli, graudaugu un zālāju sēkla, lopbarība (klijas, drabiņas, melase, cukurbiešu grauzījumi u.c.) un minerālpiedevas, kā arī 1999. gadā iepirktās govis. Ar šo produktu kopējo masu, kas pa gadiem mainījās, vidēji 1999.–2003. g. saimniecībā nonāca 68.9 kg N, 28.4 kg P₂O₅ un 22.8 kg ha⁻¹ K₂O. Uz kopējā piecgades fona krasi atšķīrās 1999. gads, kad ienesa, rēķinot uz 1 ha LIZ, saimniecībā bija 118.3 kg N, 75.8 kg P₂O₅ un 62.2 kg K₂O. Vislielāko ienesas īpatsvaru veidoja mēslojums, un vidēji gadā tas slāpeklim bija 54.2%, fosforam 80.4% un kālijam 92.6% no kopējās ienestās augu barības elementu masas. Nozīmīga ienesas sastāvdaļa bija arī bioloģiski saistītais slāpekļlis, kas veidoja 30.8% no kopējās saimniecībā ienākošās slāpekļa masas.

Pārskata periodā mainījās iepirktās lopbarības sortiments. Palielinoties koncentrātu un piedevu īpatsvaram, aptuveni 5 reizes samazinājās kālija, bet palielinājās slāpekļa un fosfora ienesa. Iepirktā lopbarība un minerālpiedevas deva gandrīz piekto daļu no kopējās fosfora ienesas. Vidēji uz 1 ha LIZ ar iegādāto lopbarību saimniecībā ienesa 10.1 kg N, 5.5 kg P₂O₅ un 1.7 kg K₂O. NPK ienesa ar iepirkto sēklu, pakāpeniski palielinoties

sējplatībai, pieauga, taču veidoja niecīgu daļu – tikai 0.1–0.2% – no kopējās ienesas saimniecībā. Ar iepirktajiem dzīvniekiem saimniecībā kopumā nonāca 250 kg N, 169 kg P₂O₅ un 20 kg K₂O, kas ienesu uz 1 ha LIZ būtiski neietekmēja.

NPK iznesu no saimniecības, ko veidoja pārdotā produkcija, t.i., graudi un salmi, piens un liellopu gaļa, nelielā daudzumā arī kūtsmēsli, kā arī NPK zudumi no lopkopības, pētījumu periodā raksturo 3. attēls. Kopējā iznesa no saimniecības nebija liela. Vidēji gadā, rēķinot uz 1 ha LIZ, saimniecību atstāja 24.7 kg N, 6.2 kg P₂O₅ un 6.2 kg K₂O. Pa gadiem iznesa ar augkopības produkciju mainījās atkarībā no pārdotās graudu un salmu masas. Gados, kad salmus nepārdeva, iznesā samazinājās kālija daudzums. Realizētā piena un gaļas daudzums pārskata periodā pakāpeniski pieauga, tādējādi palielinot arī NPK iznesu, kurā izteikti dominēja slāpekļlis (N:P:K = 1:0.5:0.3). Tā, kopējā N iznesa ar lopkopības produktiem palielinājās no 2442 kg 1999. gadā līdz 9202 kg 2003. gadā. Saimniecība realizēja arī nelielu daļu no uzkrātajiem pakaišu kūtsmēsliem, ar kuriem vidēji gadā iznesa 506 kg N, 198 kg P₂O₅ un 418 kg K₂O. Nozīmīga iznesas (īpaši slāpekļa) sastāvdaļa bija arī augu barības elementu zudumi lopkopībā. Tie gadā veidoja 6543 kg N, 164 kg P₂O₅ un 608 kg K₂O.

NPK Saimniecības balance līdzīgi Lauka balancei 1999. gadā ievērojami atšķīrās no pārējā pētījumu perioda rādītājiem (3. tabula). Bilances aprēķini rāda, ka šajā gadā iepirktie produkti, īpaši putnu mēsli, radīja salīdzinoši augstu NPK pārpalikumu, kas palika saimniecībā: 90.8 kg ha⁻¹ N, 70.6 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 56.3 kg ha⁻¹ K₂O. Arī visos pārējos gados slāpekļa un fosfora ienesa pārsniedza to iznesu ar pārdoto produkciju un zudumiem. Tā, piemēram, 2000. gadā pārdotajā



3. att. NPK iznesa no saimniecības ar pārdoto produkciju un zudumiem.

Fig. 3. NPK output with sold products and losses.

3. tabula / Table 3

NPK Saimniecības balance, kg
NPK Farm-gate balance, kg

Rādītājs / Variable	1999	2000	2001	2002	2003
SLĀPEKLIS / NITROGEN					
Ienesa saimniecībā / Farm input	45364	12841	21390	30640	57595
Iznesa no saimniecības / Farm output	10531	11048	11803	14916	16878
Pārpalikums vai deficīts / Excess or deficit	34833	1793	9587	15724	40717
Balance / Balance, kg ha ⁻¹	90.8	4.2	17.1	31.8	55.9
FOSFORS / PHOSPHOROUS, P₂O₅					
Ienesa saimniecībā / Farm input	29078	9389	5852	8594	11078
Iznesa no saimniecības / Farm output	1997	2262	2691	3963	4812
Pārpalikums vai deficīts / Excess or deficit	27081	7127	3161	4631	6266
Balance / Balance, kg ha ⁻¹	70.6	16.7	5.6	9.4	8.6
KĀLIJS / POTASSIUM, K₂O					
Ienesa saimniecībā / Farm input	23879	9912	1912	7453	8292
Iznesa no saimniecības / Farm output	2265	2466	2140	4515	4561
Pārpalikums vai deficīts / Excess or deficit	21614	7446	-228	2938	3731
Balance / Balance, kg ha ⁻¹	56.3	17.5	-0.41	5.9	5.1

produkcijā nesaistītais slāpeklis bija tikai 4.2 kg ha⁻¹, bet turpmāk palielinājās un 2003. gadā jau sasniedza 55.9 kg ha⁻¹. Fosfora pārpalikums saimniecībā nebija liels. Saimniecības balance kālijam 2001. gadā bija negatīva – no saimniecības kāliju iznesa par 228 kg vairāk nekā ienesa, kas, rēķinot uz 1 ha LIZ, bija 0.41 kg K₂O. Citos gados tika konstatēts kālija pārpalikums, kas veidoja 5.1–17.5 kg ha⁻¹. Vidēji pārskata periodā Saimniecības balance slāpeklim bija 39.6 kg N, fosforam

18.6 kg P₂O₅ un kālijam 13.7 kg K₂O uz 1 ha LIZ.

Saimniecībā “Ogre” no visa izaudzētajā augkopības produkcijā uzkrātā NPK daudzuma saimniecībā palika 31221 kg N, 9976 kg P₂O₅ un 36979 kg K₂O (attiecīgi 95.4% N, 94.3% P₂O₅ un 97.7% K₂O), kas bija akumulēti sēklai atstātajos graudos, pakaišiem paredzētajos salmos, lopbarības graudos, skābbarībā un sienā, kā arī ganību zālē (4. tabula). No šī NPK daudzuma vairāk nekā 97.5% tika iekļauti aprītē lopkopības nozarē. Tā kā

4. tabula / Table 4

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

NPK krātuve / Plant nutrient pool	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Iegūtajā ražā, tajā skaitā / In harvested yield, from which:	63.0	22.7	73.0
- pārdotajā ražas daļā / in sold crop products	2.9	1.3	1.7
- saimniecībā palikušajā daļā, tajā skaitā / left in the farm, from which in:	60.1	21.4	71.3
- pašu izaudzētā sēklā / in-farm produced seed	1.4	0.7	0.5
- salmos / in straw for litter	6.0	3.0	19.0
- lopbarībā, tajā skaitā / in feedstuffs, from which in:	52.8	17.7	51.8
- ganību zālē / pasture grasses	14.0	4.5	19.2
- sienā, skābbarībā / hay, silage	25.2	6.4	27.8
- graudos / grain	13.6	6.8	4.8

NPK Kūts bilance, vidēji 1999.–2003. g., kg DV⁻¹
NPK Barn balance in 1999–2003, average per year, kg DV⁻¹

Rādītājs / Variable	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
IENESA / INPUT			
Augkopības produkcijas daļa lopbarībai / In-farm crop products for feed	97.0	33.1	82.4
Ganību zāle / Grasses from pasture	34.4	11.0	47.2
Salmi pakaišiem / Straw for litter	14.9	7.3	46.7
Iepirktā lopbarība / Purchased feed	24.9	13.4	4.1
Iepirktie dzīvnieki / Purchased animals	0.2	0.2	0.0
IZNESA / OUTPUT			
Pārdotā lopkopības produkcija / Sold animal products	23.7	11.0	8.0
Uzkrātie organiskie mēsli / Manure	72.6	31.4	61.5
Zudumi no lopkopības / Barn losses	31.0	0.8	2.9
BILANCE / BALANCE	44.1	21.8	108.0

lielāko augkopības produkcijas daļu veidoja zāles lopbarība, kā arī salmi, tad visvairāk šajā aprītē nokļuva kālijs, kas bija paņemts no augšnes resursiem, par ko liecināja negatīvā kālija Lauka bilance. Lopbarībā nonākošā fosfora masa, salīdzinot ar kāliju, bija ievērojami mazāka, un tā tikai nedaudz caur pakaišiem nonāca kūtsmēsliu sastāvā. No lopkopībā ienestā slāpekļa aptuveni puse bija sastopama sagatavotajā sienā (skābsienā) un skābbarībā, bet otro pusi līdzīgi veidoja ganību zāle un lopbarības graudi. Saimniecībā izaudzētajā lopbarībā esošie NPK krājumi nodrošināja 83.9% no dzīvnieku ēdināšanā izmantotā slāpekļa, 76.4% – fosfora un 96.9% – kālija.

Lai varētu izsekot augu barības elementu plūsmām saimniecības iekšienē un arī izskaidrot nesaisti starp aprēķinātajām NPK Lauka un Saimniecības bilancēm, veikts papildus aprēķins – izskaitlota tā sauktā Kūts bilance. Tā rāda NPK plūsmu lopkopības nozarē, kas ir daļa no kopējās Saimniecības bilances. Šajā gadījumā termins „kūts” apzīmē lopkopību kopumā un dažādu NPK saturošu materiālu plūsmu uz to un no tās.

Vidēji 1999.–2003. gadā lopkopībā ienākošā un no tās izejošā NPK masa, rēķinot uz dzīvnieku vienību (DV), ir parādīta 5. tabulā. Saimniecībā uz vietas saražotā lopbarība (siens, skābsiens, skābbarība, graudi) un ganību zāle bija galvenās ienesas sastāvdaļas. Savukārt vairāk nekā pusi NP un virs 80% K₂O iznesas no lopkopības nozares (kūts) veidoja uzkrātie kūtsmēsli. Kā rāda Kūts bilances aprēķini, lopkopības nozarē veidojas augu barības elementu pārpalikums: uz 1 DV vidēji gadā tas bija 44.1 kg N, 21.8 kg P₂O₅ un 108.0 kg K₂O. Tomēr atkarībā no tā, cik liela NPK masa nonāca

apritē lopkopībā no saimniecībā izaudzētās augkopības produkcijas, pa gadiem šis pārpalikums ievērojami svārstījās. Tā, piemēram, slāpeklim 1999. un 2000. gadā bilance uz 1 DV bija negatīva, attiecīgi -1.1 un -2.1 kg, turpretī 2003. gadā sasniedza +149 kg. Ļoti liels bija lopkopības produkcijā nesaistītā kālija daudzums. Tas pa gadiem mainījās no 69.8 līdz 226.7 kg DV⁻¹. Pārēķinot uz 1 ha LIZ, Kūts bilance pārskata periodā saimniecībā slāpeklim bija -0.6 līdz 43.1 kg, fosforam 10.5 līdz 22.5 kg un kālijam 37.2–65.7 kg.

Iegūtie rezultāti rāda, ka bilances aprēķinos izmantotie normatīvi jāprecizē. Pētījumu periods bija pietiekami garš – 5 gadi –, lai vidējā lopkopības (kūts) bilance tuvotos savam loģiskajam rezultātam – nullei (ja ņemtu vērā arī ganībās atstātos dzīvnieku izdalījumus), tas ir, visiem pieciem iespējamiem NPK ienesas posteņiem būtu jābalansējas ar trim loģiski esošajiem iznesu posteņiem. Ja tas tomēr tā nav, tad pozitīvas bilances gadījumā var secināt, ka vai nu ienesas posteņi ir pārvērtēti (NPK masa uzrādīta lielāka, nekā reāli), vai arī iznesu posteņi nav pienācīgi novērtēti (NPK masa uzrādīta mazāka), vai arī abi šie momenti ir kombinējušies. Relatīvi lielāka iespēja pastāv, ka precizēšana nepieciešama NPK iznesu normatīviem ar kultūraugu ražu, kūtsmēsliu ieguves un ķīmiskā sastāva normatīviem, kā arī NPK zudumu normatīviem. Šie normatīvi ir viskomplicētākie, vidējos rādītājus veido liels skaits atsevišķu un ievērojami atšķirīgu individuālo komponentu, tos analītiski pārbaudīt ir ļoti sarežģīti.

Ļoti dinamisks un vāji izpētīts ir posms, ko bilanču aprēķinos apzīmē ar terminu „zudumi”, sevišķi attiecībā uz slāpekli. Tas sastāv no vairākiem etapiem: zudumi

NPK nodrošinājums lopbarībā, vidēji gadā uz 1 dzīvnieku vienību, kg
NPK supply with feed, average per year, per 1 animal unit, kg

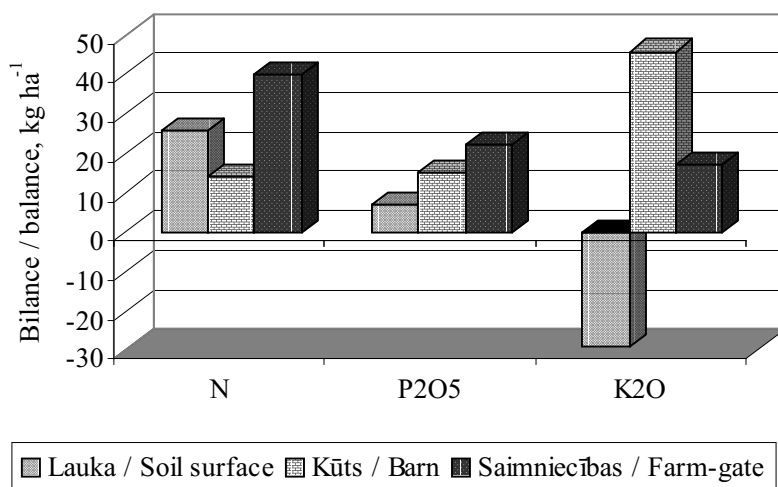
Lopbarības veids / Feed	Kopproteīns / Crude protein (6.25 N)	P ₂ O ₅	K ₂ O
Graudi / Grain	208.1	16.7	11.7
Siens, skābbarība / Hay, silage	386.3	15.9	68.4
Ganību zāle / Pasture grasses	215.0	10.9	47.2
Iepirktā lopbarība / Purchased feedstuffs	155.0	13.4	4.1
KOPĀ / TOTAL	964.4	56.9	131.4
Diennaktī / Per day	2.64	0.156	0.360
NORMA / RECOMMENDED DIET	2.50	0.204	0.273

no dzīvniekiem, novietnē, ganībās, mēslu savākšanas un uzglabāšanas laikā, mēslu izklādes un iestrādes laikā, no augsnes un pat no augiem. Izsekot visiem šiem posmiem un tos kvantitatīvi raksturot ir ļoti sarežģīti, izvēlētie un bilanču aprēķinos izmantotie normatīvie rādītāji ir ļoti aptuveni un var ievērojami svārstīties atkarībā no vairākiem vides un tehnoloģiskajiem apstākļiem.

Veicot aprēķinus par saimniecībā dzīvnieku ēdināšanai izmantotajā lopbarībā esošajiem kopproteīna, fosfora un kālija krājumiem, noskaidrots, ka pārskata periodā pa gadiem tie bija atšķirīgi, kaut gan dzīvnieku skaits saimniecībā praktiski nemainījās. Tā, lopbarībā esošā kopproteīna dienas deva uz 1 DV svārstījās no 1.74 līdz 4.66 kg, P₂O₅ – no 99 līdz 264 g, bet K₂O – no 225 līdz 576 g. Pēc literatūras (Dzīvnieku ēdināšanas ..., 1977) datiem, šo komponentu diennakts norma barībā slaucamajām govīm ar vidējo izslaukumu 7000 kg piena gadā (atbilst 1 DV) ir 2.5 kg kopproteīna, 204 g

P₂O₅ un 273 g K₂O. Vidēji 1999.–2003. g. saimniecībā “Ogre” kopproteīna nodrošinājums lopbarībā bija tuvs normai, fosfora daudzums – par 23.5% mazāks, bet kālija – par 31.9% lielāks salīdzinājumā ar vēlamu daudzumu barībā (6. tabula). Atsevišķos gados novirzes bija ievērojami lielākas, bet kopējā tendence sakarā ar lielo zāles lopbarības īpatsvaru dzīvnieku barībā bija nepietiekamais fosfora un pārlietu lielais kālija daudzums.

Pētījumā iegūtās NPK Lauka, Kūts un Saimniecības bilances parādītas 4. attēlā. Augu barības elementu aprites izpēte un minēto bilanču aprēķini rādīja, ka līdz šim dažādi skaidrotā atšķirība starp Lauka un Saimniecības bilanci konkrētā saimniecībā ir NPK pārpalikums vai deficīts (Kūts balance), kas veidojas lopkopības nozarē, ņemot vērā arī saimniecības iekšējā apritē esošo NPK masu. Saimniecības “Ogre” piemērs rāda, ka Saimniecības balance ne vienmēr atspoguļo patieso augu barības elementu izmantošanās līmeni



4. att. NPK Lauka, Kūts un Saimniecības bilances salīdzinājums, vidēji 1999.–2003. g.

Fig. 4. Comparison of NPK Soil surface, Barn, and Farm-gate balances, on average in 1999–2003.

saimniecībā, kā arī to neracionālā uzkrājuma potenciālo ietekmi uz vidi. Tā, piemēram, kālija Saimniecības bilance bija tikai 16.9 kg ha^{-1} LIZ, turklāt lauka līmenī vērojams pat izteikts kālija deficīts (-28.8 kg ha^{-1}). Taču pavisam atšķirīga situācija tika konstatēta kālija aprītē lopkopībā. Kālija uzkrājums augkopības produkcijā, kurš bija veidojies, augiem izmantojot augsnes kālija resursus, nonākot lopkopības sektorā tikai daļēji akumulējās saražotajā lopkopības produkcijā un kūtsmēslos. Kā rāda Kūts bilance, tad lopkopībā neizmantojot kālija daļa veidoja $45.7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, tādējādi radot ievērojamus līdz šim neidentificētus zudumus. Kālija zudumi nerada vides problēmas, taču līdzīgs Saimniecības bilances vērtējums slāpeklim vai fosforam varētu sniegt nepareizu priekšstatu par saimniekošanas ekoloģisko drošību.

No saimnieciskā un ekoloģiskā aspekta ir svarīgi, lai gan saimniecībā ienākusi, gan arī iekšējā aprītē nonākusi augu barības elementu masa tiktu izmantota racionāli. Saimniecībā „Ogre” NPK aprīte visumā bija sabalansēta un, vērtējot visu pārskata periodu, par zināmu risku videi varētu uzskatīt vienīgi nepamatoti augsto NPK ienesi 1999. g. ar iepirktajiem organiskajiem mēsliem. Tomēr, lai augu barības elementu izmantošanas efektivitāti palielinātu, būtu vēlams palielināt kālija minerālmēsļu normas kultūraugu mēslošanai, kas veicinātu slāpekļa un fosfora izmantošanās efektivitāti un palielinātu graudaugu u.c. kultūraugu ražību, kā arī uzturētu vismaz esošo kālija nodrošinājuma līmeni augsnē. Tāpat būtu lietderīgi izmainīt zāles un koncentrētās lopbarības un minerālpiedevu attiecību dzīvnieku barībā, tādējādi optimizējot fosforu un samazinot kālija saturu tajā.

Secinājumi

Pētījumu periodā saimniecībā „Ogre” vidēji gadā aprītē nonāca 48.9 t N , $15.7 \text{ t P}_2\text{O}_5$ un $21.1 \text{ t K}_2\text{O}$, pie kam nozīmīga NPK masas daļa tika iekļauta saimniecības iekšējā aprītē. Lauka bilance slāpeklim un fosforam veidojās pozitīva (attiecīgi 21.6 un 2.6 kg ha^{-1}), bet kālijam – negatīva (-34.5 kg ha^{-1}). Saimniecības bilance bija pozitīva, t.i., vidēji gadā, rēķinot uz 1 ha LIZ , ar iepirktajiem materiāliem saimniecībā nonāca par 39.6 kg slāpekļa, 18.6 kg fosforu un 13.7 kg kālija vairāk nekā tika iznests no saimniecības. Starpību starp Saimniecības un Lauka bilanci veidoja NPK pārpalikums lopkopības nozarē, kas vidēji gadā veidoja 44.1 kg N , $21.8 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ un $108.0 \text{ kg K}_2\text{O}$ uz 1 DV . Dzīvnieku barībā dominēja saimniecībā saražotā produkcija. Tajā esošie NPK krājumi nodrošināja 83.9% no dzīvnieku ēdināšanā izmantotā slāpekļa, 76.4% – fosforu un 96.9% – kāliju. Vidēji 1999.–2003. g. kopproteīna nodrošinājums izmantotajā lopbarībā un piedevās bija tuvs normai, fosfora – par 23.5% mazāks, bet kālija – par 31.9% lielāks nekā ieteiktais daudzums dzīvnieku barībā. Nepieciešami papildu pētījumi par bilances aprēķi-

nāšanai izmantoto normatīvu precizitāti, jo tie var ienest būtiskas kļūdas aprēķinos un iegūto datu interpretācijā.

Literatūra

1. Boruks, A. (2004) *Dabas apstākļi un to ietekme uz agrovidi Latvijā*. Rīga, 166 lpp.
2. Dzīvnieku ēdināšanas normatīvi un barības sastāvs. (1977) Sast. J. Latvietis. Rīga: Liesma, 207 lpp.
3. 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 Uppsala, March 16-17, 2001*. JTI Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, p. 25.
4. Halberg, N., Verschuur, G., Goodlass, G. (2005) Farm level environmental indicators: are they useful? An overview of green accounting systems for European farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, V. 105, Issues 1–2, pp. 195-212.
5. Karlsson, T., Andren, O., Katterer, T. (2001) ICBM–N, a simple model for including internal soil N fluxes in field-scale balances. In: *Element balances as a sustainability tool. Proceedings of the Workshop in Uppsala, March 16-17, 2001*. JTI Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, p. 39.
6. 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.
7. Kristensen, I.S., Halberg, N., Nielsen, A.H., Dalgaard, R. (2005) N turnover on Danish mixed dairy farms. Part II. In: *Nutrient management on farm scale. How to attain policy objectives in regions with intensive dairy farming. Report of the EGF workshop. Plant Research International*, V. 83, pp. 91-109.
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. Oborn, I., Edwards, A.C., Witter, E., Oenema, O., Ivarsson, K., Withers, P.J.A., Nilsson, S.I., Richert Stinzing, A. (2003) Element balances as a tool for sustainable nutrient management : a critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *European Journal of Agronomy*, V. 20, pp. 211-225.
10. 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.
11. de Roest, K. (1999) Interrelations between nitrogen balances and technical and structural characteristics of dairy farms in Northern Italy. In: *Weidema, B.P. and Meeusen M.J.G. Agricultural data for life cycle assessments*. The Hague (LEI), pp. 161-175.
12. Toor, G.S., Sims, J.T., Dou, Z. (2005) Reducing

phosphorus in dairy diets improves farm nutrient balances and decreases the risk of nonpoint pollution of surface and ground waters. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, V. 105, Issues 1-2, pp. 401-411.

13. 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.

14. 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 grantu tēmas Nr. 01. 0765 un Eiropas Komisijas finansētā projekta PL 950231 INCO-COPERNICUS atbalstu. Pateicība saimniecības īpašniekiem par atsaucību pētījumu veikšanā.

Pētījumi par NPK bilanci zemnieku saimniecībās V. Valmieras raj. Rencēnu pagasta "Mareņi" Plant Nutrient Balance Studies in Farms of Latvia V. Farm "Mareņi", Valmiera region

Aldis Kārklīšs, Ināra Līpenīte

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 fifth article of the plant nutrient balance studies in farms of Latvia is devoted to "Mareņi" (see also *Proceedings of LLU*, Nos 13 and 16). This farm is located in the north-central part of Vidzeme and is characterized by crop and animal production. Using similar methodology, NPK Soil surface and Farm–gate balances were calculated for the period of 1999–2003. Mineral fertilizers and purchased animal feed were the main sources of nutrients, but for nitrogen – also biological fixation. Plant nutrient input (all sources) were 117.1 kg of N, 74.3 kg of P_2O_5 , and 81.5 kg of K_2O per ha of agricultural land on average per year of the investigation period. NPK Soil surface balance was 39.7 kg of N, 39.0 kg of P_2O_5 , and -31.2 kg of K_2O . Farm–gate balance was somewhat similar for nitrogen and phosphorus (36.4 and 51.0 kg ha⁻¹ respectively), but more different for potassium (7.7 kg K_2O per ha). This points to the necessity of paying more attention to reference values used in calculation to be able to track the potassium fluxes inside the farm, which is more difficult for mixed farming profile.

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

Ievads

Līdz ar lauksaimnieciskās ražošanas intensifikāciju, daudzviet Eiropā augu barības elementu masa, ko satur kultūraugu mēslošanai izmantotie minerālmēsli un organiskie mēslošanas līdzekļi, ievērojami pārsniedz šo elementu masu izaudzētajā produkcijā, kas ir par iemeslu negatīvām vides kvalitātes izmaiņām. Indikators, kas rāda starpību starp augu barības elementu ienesi un iznesu noteiktā sistēmā, ir augu barības elementu bilance. Uzskaitot augu barības elementu plūsmu laukā, saimniecībā, noteces baseinā vai valstī kopumā un aprēķinot to bilanci, var secināt par saimniekošanas radīto slodzi vidē, vismaz ilgtermiņa skatījumā (Oenema, 1999). Veiktie pētījumi Rietumeiropas valstīs liecina (Swensson, 2003), ka apmēram 50% saimniecību slāpekļa Saimniecības bilance ir mazāka par 100 kg ha⁻¹ N, 25% saimniecību tā ir ap 150 kg ha⁻¹, bet 10% saimniecību pārsniedz 300 kg ha⁻¹ N. Augstākie slāpekļa bilances rādītāji ir saimniecībās, kuru galvenā nozare ir lopkopība (Mulier et al., 2003; Myrbeck, 2001; Aarts et al., 2000; Halberg, 1999). Veicot korekcijas saimniekošanas un mēslošanas plānošanā, situāciju daudzviet ir izdevies uzlabot. Tā, piemēram, 1995. gadā Nīderlandē vidējais slāpekļa un fosfora pārpalikums bija 295 kg ha⁻¹ N un 71 kg ha⁻¹ P_2O_5 , bet 2001. gadā jau bija samazinājies līdz 213 kg ha⁻¹ N un 30 kg ha⁻¹ P_2O_5 (Wolf et al., 2005; van Beek et al., 2003). Dānijas lauksaimniecībā pēdējo 20 gadu laikā slāpekļa bilance samazinājusies par 38% (līdz 116 kg ha⁻¹ N), bet slāpekļa lietošanas efektivitāte pieaugusi no 20 līdz 36% (Nielsen, Kristensen, 2005). Lai mazinātu N un P zudumus no lauksaimniecības, kā

to paredz Nitrātu direktīva (Council Directive ..., 1991; Noteikumi par ..., 2001), vairākās valstīs noteikts pieļaujamais, ar nodokli neapliekamais slāpekļa un fosfora bilances rādītājs. Tā, Nīderlandē no 2003. gada tas atkarībā no zemes lietošanas veida un augsnes tipa slāpeklim ir robežās no 60 līdz 180 kg ha⁻¹ N, bet fosforam – 20 kg ha⁻¹ P_2O_5 gadā (Wolf et al., 2005; Hanegraaf, Den Boer, 2003; Tunney et al., 2003). Jaunajās ES dalībvalstīs mēslošanas līdzekļu lietošana deviņdesmitajos gados ievērojami samazinājās un tikai pēdējos gados vērojams minerālmēsli (galvenokārt slāpekļa) patēriņa pakāpenisks palielinājums. Tāpēc daudzviet saimniecībās konstatēts fosfora un kālija deficīts, bet slāpekļa bilance ir līdzīga vidējiem Eiropas rādītājiem (Bujnovsky, Igras, 2001; Nikolova, 2005; Kārklīšs, Līpenīte, 2005).

Lai skaidrotu augu barības elementu aprites likumsakarības Latvijas zemnieku saimniecībās, veikta slāpekļa, fosfora un kālija ieneses un iznesas uzskaitē un bilanču aprēķini atbilstoši Lauka un Saimniecības aprēķina metodikai komerciāla rakstura saimniecībai, kurā dominējošā nozare ir lopkopība. Šis ir kārtējais raksts no sērijas, kurā tiek analizēta un diskutēta problēma saimniecību specializācijas un ģeogrāfiskā izvietojuma aspektā.

Materiāli un metodes

Informācijas ieguve un datu uzskaitē augu barības elementu aprites pētījumiem un bilanču aprēķiniem Valmieras rajona Rencēnu pagasta zemnieku saimniecībā "Mareņi" veikta laika posmā no 1999. līdz 2003.

gadam. Saimniecība atrodas Ziemeļvidzemes zemienes Burtņieka līdzenuma austrumu daļā ar lēzeni viļņotu un līdzenu reljefu. Atbilstoši Latvijas teritorijas reģionālajai rajonēšanai lauksaimniecības vajadzībām (Boruks, 2004), Rencēnu pagasts iedalīts 2.1. reģionā, tas ir, tam raksturīgas salīdzinoši labi iekultivētas augsnes, zemes kvalitatīvais novērtējums tīrums ir 43 balles, bet lauksaimniecībā izmantojamo zemju (LIZ) novērtējums – 39 balles. Gar Rencēnu pagasta ziemeļu robežu plūst Sedas upe. Saimniecības teritorijā nav upes vai cita veida ūdenskrātuves, ir tikai meliorētajās platībās ierīkoti novadgrāvji. Līdz ar to augu barības elementu tieša nonāksana ūdeņu ekosistēmās ir maz iespējama.

Saimniecības zemes kopplatība pētījumu periodā vidēji bija 46.1 ha, no kuriem aramzeme aizņēma 72.7%, augļu dārzi – 0.2%, pļavas – 13.0%, meži – 13.0% un cita zeme – 1.1% no kopplatības. Saimniecībā dominējošās augsnes – podzolaugsnes un glejaugsnes, augšņu granulometriskais sastāvs – mālsmits un smilšmāls. LIZ agroķīmiskie rādītāji: pH KCl – 5.1–6.3, organiskā viela – 22–36 g kg⁻¹, augiem viegli izmantojamais P₂O₅ – 135–517, K₂O – 149–334 mg kg⁻¹. Visa lauksaimniecībā izmantojamā zeme ir drenēta ar slēgto drenāžu.

Saimniecība nodarbojas ar lopkopības (liellopi, cūkas) un augkopības (kartupeļi, graudaugi) produkcijas ražošanu. Vidēji pētījumu periodā ganāmpulku veidoja 15 slaucamās govīs, 6 teles (6–24 mēn.) un 5 teļi (līdz 6 mēn.), kā arī 20 nobarojamās cūkas – vidēji

17.9 DV (dzīvnieku vienības*) gadā. Lopbarībai tika audzēti graudaugi (tritikāle, mieži, auzas) un daudzgadīgie zālāji, arī tauriņzieži. Pakaišiem izmantoja saimniecībā iegūtos salmus un zāgšskaidas. Iegūtos seklās kūts pakaišu kūtsmēslus izmantoja kultūraugu mēslošanai. Augu barības elementu krājumi saimniecībā tika papildināti ar iepirktiem minerālmēsliem, iepirktiem mājdzīvniekiem, 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 iepirktiem minerālmēsliem, to sastāvu un pielietojanu, iepirkto sēklu un lopbarību, mājdzīvnieku skaitu un apriti, lopu turēšanas sistēmu un kūtsmēslu uzkrāšanu un uzglabāšanu, par kultūraugu mēslošanu un iegūto ražu, kā arī par realizētās augkopības (pārtikas un cietes kartupeļi) un lopkopības (piens, cūkgaļa, liellopu gaļa) produkcijas apjomu. Saimniecībā periodiski tika ievākti un analizēti kūtsmēslu paraugi, nosakot sausnas un NPK saturu tajos. Saimniecībai pētījumu periodā (pa gadiem un pa visu pētniecības periodu) tika aprēķināti divi augu barības elementu bilanču veidi – NPK Lauka balance un NPK Saimniecības balance. Bilanču aprēķinu metodiku skatīt autoru iepriekšējā publikācijā (Kārklīšs, Līpenīte, 2005). Analizēta arī NPK aprīte lopkopības nozarē, veicot Kūts balances aprēķinus. Kūts bilanci NPK inesu veidoja saimniecībā saražotie un iepirktie

1. tabula / Table 1

NPK inesas struktūra atbilstoši Lauka balancei, kg ha⁻¹ LIZ
NPK input variables according to the Soil Surface balance, kg ha⁻¹ of agricultural land

Ienesa / Variable	1999	2000	2001	2002	2003
SLĀPEKLIS / NITROGEN					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	58.1	69.2	33.7	64.9	49.8
Organiskie mēsli / Manure, in-farm production	43.8	42.5	34.6	48.3	25.4
Sēkla / Seed	5.8	7.5	9.1	5.6	3.7
N bioloģiskā fiksācija / Biologically fixed N	27.0	7.6	20.4	11.4	28.0
FOSFORS / PHOSPHORUS					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	40.4	38.1	63.9	65.7	62.5
Organiskie mēsli / Manure, in-farm production	21.5	19.2	15.8	21.5	10.8
Sēkla / Seed	2.2	2.8	3.5	2.2	1.5
KĀLIJS / POTASSIUM					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	27.5	25.5	38.8	66.9	55.7
Organiskie mēsli / Manure, in-farm production	41.2	37.4	30.2	41.8	20.7
Sēkla / Seed	9.6	12.5	14.3	8.2	5.1

* Aprēķinātas, ņemot vērā ar kūtsmēsliem izdalīto slāpekli gadā.

dzīvnieku barībai izmantotie produkti, pakaišu materiāls un iepirktie dzīvnieki, bet iznesu – pārdotā lopkopības produkcija, kūtsmēsli un NPK zudumi no lopkopības.

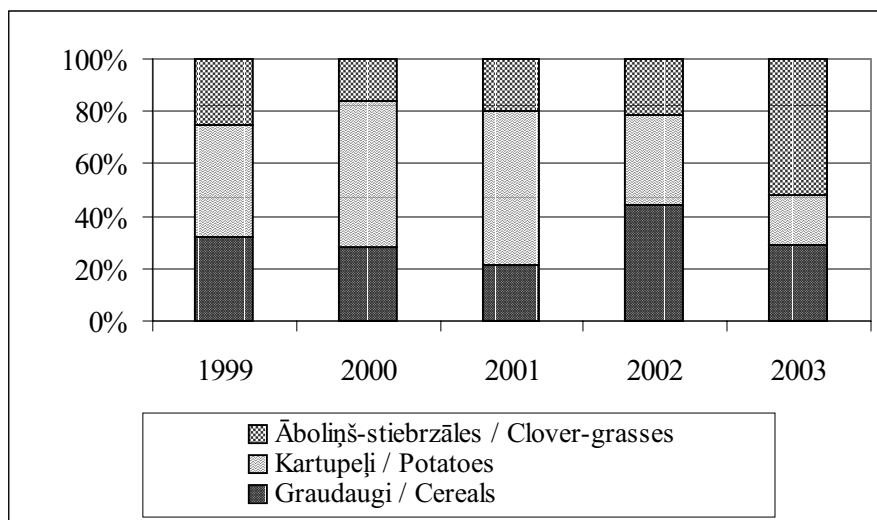
Rezultāti un diskusija

NPK ienesu augsnē pētījumu laikā saimniecībā "Mareņi" raksturo 1. tabulas dati. Nozīmīgākās ienesas sastāvdaļas bija minerālmēsli un organiskie mēsli, taču salīdzinoši daudz slāpekļa no atmosfēras piesaistīja arī saimniecībā audzētie tauriņzieži. Lietotajos minerālmēslos bija izteikti augsts fosfora īpatsvars. Vidēji pētījumu periodā N : P : K attiecība minerālmēslos bija 1 : 1.04 : 0.83, bet vidēji uz 1 ha LIZ iestrādāts 53.7 kg N, 55.8 kg P_2O_5 un 44.7 kg K_2O . NPK attiecība saimniecībā lietotajos minerālmēslos bija neraksturīga, ja to salīdzina ar vidējiem Latvijas rādītājiem, – ar salīdzinoši augstu fosfora īpatsvaru. Pēc statistikas datiem vidēji valstī NPK attiecība izmantotajos minerālmēslos 2005. gadā bija 1 : 0.31 : 0.44 (Lauku saimniecības ..., 2005).

Saimniecībā ik gadu vidēji uzkrāja 282 t kūtsmēslu, kas saturēja 1.55 t slāpekļa, 0.66 t fosfora un 1.30 t kālija. Vidēji gadā slāpekļa, fosfora un kālija ienesa ar kūtsmēsliem bija attiecīgi 37.4, 16.9 un 32.7 kg ha⁻¹. Ievērojami mazāka NPK masa augsnē nonāca ar sēklas materiālu. Tā kā vidēji aptuveni 40% no kopējās sējplatības saimniecībā aizņēma kartupeļu stādījumi, tad šajā ienesas sastāvdaļā NPK attiecība vairāk atbilda kartupeļu bumbuļu ķīmiskajam sastāvam, kur, atšķirībā no citu veidu sēklas materiāla, lielākā daudzumā ir kālijs. Kālija ienesa ar sēklu bija 11.8%, savukārt fosfora un slāpekļa – tikai attiecīgi 3.6% un 5.3% no to kopējās ienesas augsnē. Kopā pa visiem ienesu posteņiem vidēji ik gadu augsnē nonāca 117.1 kg ha⁻¹ N, 74.3 kg ha⁻¹ P_2O_5 un 81.5 kg ha⁻¹ K_2O .

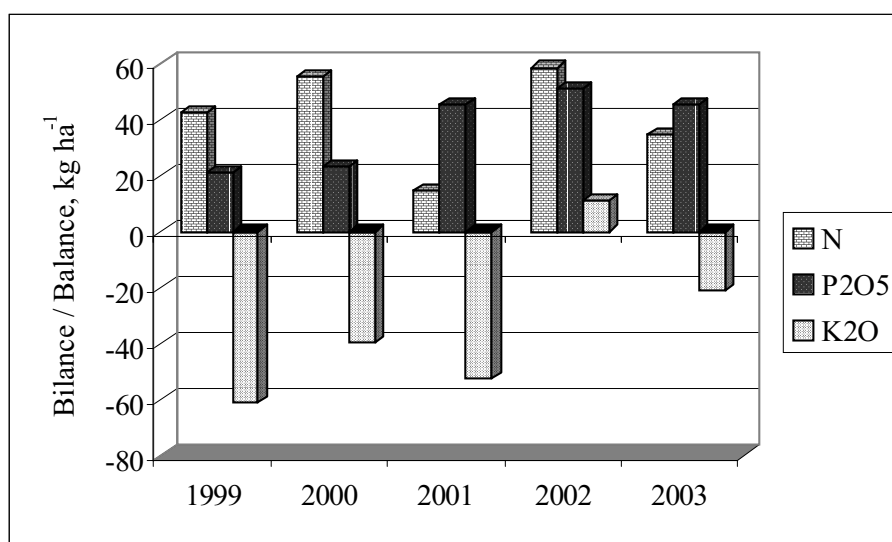
Saimniecībā "Mareņi" audzēto kultūraugu sortiments un platības pētījumu laikā mainījās nedaudz, taču 2003. gadā sakarā ar cūkkopības nozares likvidēšanu sējumu struktūrā samazinājās kartupeļu, bet divkāršojās daudzgadīgo zālāju īpatsvars (1. att.). Visu izaudzēto zālaugu un graudaugu produkciju izmantoja lopbarībai, bet apmēram 60% no iegūtās kartupeļu ražas realizēja. Vidējā ražība ziemāju un vasarāju graudaugiem bija 2–4 t ha⁻¹, kartupeļiem – 27–32 t ha⁻¹, bet daudzgadīgo zālāju sienam – 3.5–5 t ha⁻¹. No ražā akumulētā slāpekļa, fosfora un kālija tikai kartupeļu lakstos esošā NPK masa netika novākta no lauka. Pētījumu laikā ar novākto kultūraugu ražu no 1 ha LIZ iznesa 71.4–92.2 kg (vidēji 77.4 kg) slāpekļa, 23.1–30.9 kg (26.6 kg) fosfora un 98.5–132.4 kg (112.7 kg) kālija. N : P : K attiecība iznesā bija 1 : 0.34 : 1.46, kas ievērojami atšķīrās no to attiecības lietotajā mēslojumā. Minerālmēslos un kūtsmēslos esošais NPK daudzums pilnībā nosedza slāpekļa un fosfora iznesu, taču kālijam nodrošināja tikai 65% no iegūtajā ražā uzkrātā kālija daudzuma.

NPK Lauka bilance parādīta 2. attēlā. Visā pētījumu laikā lauka līmenī konstatēts ražā nesaistīta slāpekļa un fosfora pārpalikums, kas vidēji veidoja 39.7 kg N un 39.0 kg P_2O_5 uz ha LIZ. Svārstības pa gadiem galvenokārt veidojās atkarībā no slāpekļa un fosfora ienesas ar minerālmēsliem (korelācijas koeficienti attiecīgi 0.97 un 0.99). Taču ražā nesaistītā slāpekļa un fosfora pārpalikums nebija liels un tas mūsdiā neradīja apdraudējumu (risku) videi. Ņemot vērā saimniecības augšņu nodrošinājuma līmeni ar augiem izmantojamo fosforu, kas lielākoties bija augsts, fosfora mēslojuma normas varētu koriģēt, izvēloties kompleksos minerālmēslus ar zemāku tā saturu nekā tajos, kas tika izmantoti kultūraugu mēslošanai (NPK 6–26–30, NPK 6–36–18



1. att. Sējumu struktūra saimniecībā.

Fig. 1. Crops grown in the farm.



2. att. NPK Lauka balance.
Fig. 2. NPK Soil surface balance.

u.c.). Kālija Lauka balance pārsvarā bija negatīva (vidēji gadā $-31.2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$), tātad ražas veidošanai pastiprināti tika izmantoti augsnes kālija resursi. Vienīgi 2002. gadā, kad lietoto kālija minerālmēsli norma sasniedza $66.9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ (vidēji ar minerālmēsliem

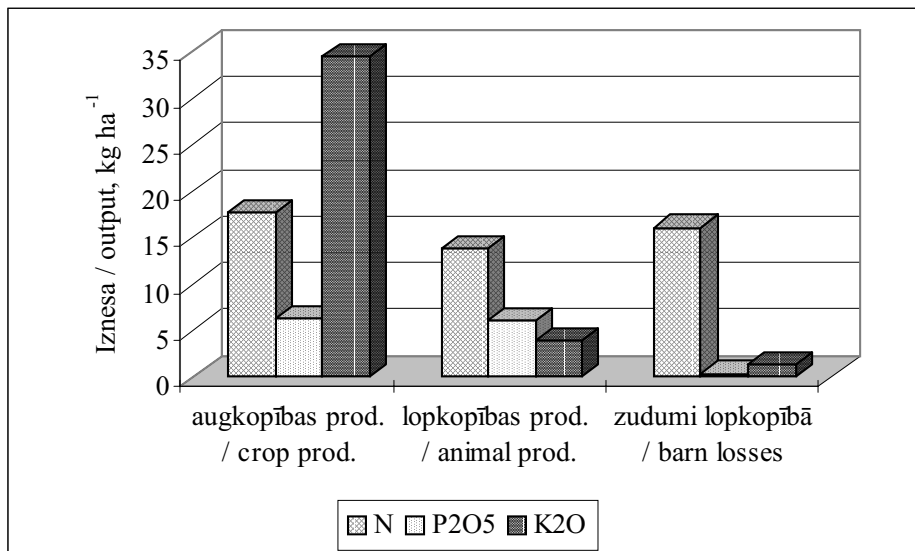
iestrādāja 44.7 kg ha^{-1}), kālija ienesa uz 1 ha LIZ par 11.2 kg pārsniedza tā iznesu ar ražu.

NPK Saimniecības bilanci ienesas galveno sastāvdaļu veidoja iepirktie minerālmēsli un lopbarība (2. tabula). No kopējās ienesas saimniecībā ar minerālmēsliem

2. tabula / Table 2

NPK ienesas struktūra atbilstoši Saimniecības bilanci, kg
NPK input variables in Farm-gate balance, kg

Ienesa / Input	1999	2000	2001	2002	2003
SLĀPEKLIS / NITROGEN					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	1860	2235	1420	2408	2710
Iepirkta lopbarība / Purchased feedstuffs	282	217	494	506	249
Iepirktie mājdzīvnieki / Purchased animals	13.1	30.7	71.6	50.0	0
Iepirkta sēkla / Purchased seed	3.1	29.2	97.2	11.8	40.4
N bioloģiskā fiksācija / Biologically fixed N	862	247	858	424	1521
FOSFORS / PHOSPHORUS					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	1292	1231	2689	2437	3400
Iepirkta lopbarība / Purchased feedstuffs	337	308	270	266	188
Iepirktie mājdzīvnieki / Purchased animals	5.3	16.1	45.9	33.8	0
Iepirkta sēkla / Purchased seed	1.1	14.3	45.5	5.5	19.0
KĀLIJS / POTASSIUM					
Minerālmēsli / Mineral fertilizers	880	824	1631	2480	3030
Iepirkta lopbarība / Purchased feedstuffs	98.6	65.7	118	118	53.8
Iepirktie mājdzīvnieki / Purchased animals	1.3	2.8	5.9	4.0	0
Iepirkta sēkla / Purchased seed	6.0	10.0	48.2	11.1	18.5

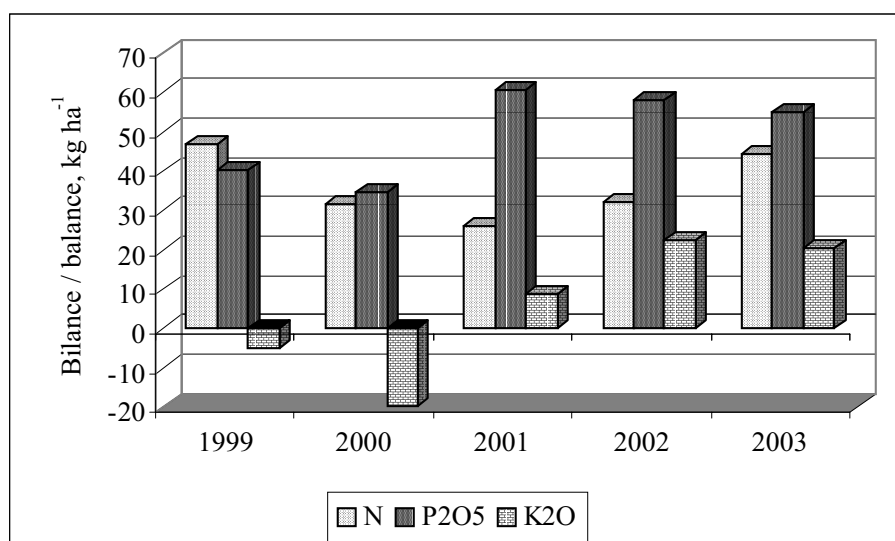


3. att. NPK iznesa no saimniecības ar pārdoto produkciju un zudumiem.
Fig. 3. NPK output with sold products and losses.

nonāca vidēji 63.9% slāpekļa, 87.7% fosfora un 94.0% kālija, bet ar iepirkto lopbarību un minerālpiedevām attiecīgi 23.4%, 10.3% un 4.8%. Ar iepirkto sēklu un mājdzīvniekiem NPK ienesa saimniecībā bija niecīga – tā nepārsniedza 2.1% no kopējās ienesas. Svarīga slāpekļa ienesas sastāvdaļa bija arī āboliņa–stiebrzāļu bioloģiski saistītais slāpeklis. Vidēji pētījumu laikā ar iepirktajiem produktiem un slāpekļa bioloģisko fiksāciju saimniecībā, pārrēķinot uz 1 ha LIZ, nonāca 84.1 kg slāpekļa, 63.7 kg fosfora un 47.5 kg kālija.

Iznesu no saimniecības veidoja realizētajā augkopības un lopkopības produkcijā akumulētie augu barības elementu krājumi, kā arī NPK zudumi no lopkopības (3. att.). Vidēji ik gadu no saimniecības iznesa

1889 kg N, 504 kg P₂O₅ un 1579 kg K₂O. Slāpekli līdzīgos daudzumos saturēja visas iznesas sastāvdaļas, fosfora tikpat bija gan pārdotajā augkopības, gan arī lopkopības produkcijā, vienīgi zudumi kūtsmēsli ieguves, uzglabāšanas un iestrādes laikā bija ievērojami mazāki – vidēji gadā tikai 15 kg P₂O₅. Visvairāk atšķīrās kālija daudzums iznesas komponentos. Tā kā no izaudzētās ražas pārdeva tikai kartupeļus, šī iznesas sastāvdaļa raksturojās ar augstu kālija īpatsvaru – pētījumu gados atkarībā no realizēto kartupeļu daudzuma no saimniecības iznesa no 1.0 līdz 1.7 t K₂O. Turpretī lopbarības produkcijā kāliju saturēja ievērojami mazāk. Rēķinot uz 1 ha LIZ, iznesa Saimniecības bilanci bija 47.7 kg N, 12.7 kg P₂O₅ un 39.9 kg K₂O.



4. att. NPK Saimniecības balance.
Fig. 4. NPK Farm–gate balance.

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

NPK krātuve / Plant nutrient pool	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Iegūtajā ražā / In harvested yield, from which:	3065	1053	4460
- pārdotajā ražas daļā / in sold crop products	704	250	1363
- saimniecībā palikušajā daļā / in remained crop yield, from which:	2361	803	3097
- pašu izaudzētā sēklā: graudi + kartupeļi / in seed: grain + potatoes	26 + 182	12 + 65	9 + 352
- salmos / in straw for litter	173	73	443
- lopbarībā / feedstuffs, from which:	1980	653	2293
- zālāji, siens / in pasture grasses, hay	1197	315	1490
- graudi / in grain	447	219	153
- kartupeļi / in potatoes	336	119	650

NPK Saimniecības balance pētījumu gados parādīta 4. attēlā. Vidēji gadā saimniecībā nonāca par 1439 kg slāpekļa, 2017 kg fosfora un 303 kg kālija vairāk nekā tie tika iznesti ar realizēto produkciju un zudumiem. Vislielākais pārpalikums veidojās fosforam – vidēji 51 kg ha⁻¹ P₂O₅. Kā rāda Lauka bilances rādītāji, lielākā daļa no šī fosfora pārpalikuma (39.4 kg ha⁻¹) nonāca augsnē, tādējādi palielinot augiem izmantojamā fosfora resursus. Arī slāpekļa balance visos gados bija pozitīva – vidēji 36.4 kg ha⁻¹, taču salīdzinājumā ar vairākās valstīs noteikto slāpekļa pārpalikuma limitu saimniecībām (Wolf et al., 2005; Hanegraaf, Den Boer, 2003; Tunney et al., 2003) tas nebija liels. Kālija Saimniecības balance divos gados no trim bija negatīva, bet pārējos divos veidojās neliels kālija pārpalikums: vidēji pētījumu laikā 7.7 kg K₂O uz ha LIZ gadā.

No audzēto kultūraugu ražā uzkrātās NPK masas tikai 23% N, 24% P₂O₅ un 31% K₂O atstāja saimniecību ar realizēto augkopības produkciju. Pārējā šīs masas daļa tika iekļauta saimniecības iekšējā apritē pašražotās lopbarības, pakaišu materiāla un pašu izaudzētās sēklas sastāvā (3. tabula). Rēķinot uz 1 ha LIZ, saimniecībā palika 77.4 kg slāpekļa, 26.6 kg fosfora un 112.7 kg kālija. Pavisam neliels NPK daudzums ar graudaugu un kartupeļu sēklu atgriezās augsnē, bet salmi, ko izmantoja pakaišiem, kā arī lopbarības graudi, kartupeļi un visa zālāju raža nonāca lopkopības nozarē. NPK attiecība atsevišķos produkcijas veidos atšķīrās nedaudz. Izņemot graudus, pārējie produkti vairāk saturēja kāliju, bet vismazāk – fosforu. NPK attiecība pašražotajā lopbarībā bija 1 : 0.33 : 1.16. Lopkopības nozarē nonākusī augu barības elementu masa tālāk nosacīti "izgāja caur kūti", sadalot plūsmu starp lopkopības produkciju, kūtsmēsliem un zudumiem kūtsmēsliu uzkrāšanas un uzglabāšanas laikā. Pēc literatūras datiem, no lopbarībā esošiem slāpekļa, fosfora un kālija krājumiem lopkopības

produkcijā pāriet attiecīgi 20, 27 un 13%, dzīvniekos akumulējas – 20, 13 un 12%, bet kūtsmēslos un zudumos aiziet – 60, 50 un 75 % šo augu barības elementu (Harrison et al., 2004).

Lopkopības nozarē nonāca ne tikai saimniecībā izaudzētās augkopības produkcijas lielākā daļa, bet arī visa iepirktā lopbarība un minerālpiedevas, kā arī neliels daudzums NPK ar iepirktajiem dzīvniekiem. NPK masa, kas atradās šajos produktos, veidoja ienesu t.s. Kūts bilancē (4. tabula). Vidēji gadā šī ienesa veidoja 2536 kg slāpekļa, 1020 kg fosfora un 2830 kg kālija. Rēķinot uz 1 dzīvnieku vienību, vidēji gadā ar pašražoto lopbarību ienesa 110.6 kg N, 36.5 kg P₂O₅ un 128.1 kg K₂O, bet ar iepirkto – attiecīgi 19.5, 15.3 un 5.1 kg. Pa gadiem mainījās kā pašražotās, tā arī iepirktās lopbarības daudzums, taču šo ienesas sastāvdaļu NPK masas korelācija ar dzīvnieku vienību skaitu saimniecībā bija vāja (R = -0.29 – -0.56). Tas norāda, ka uz lopkopību novirzītā augkopības produkcijas daļa netika pietiekami sabalansēta ar lopbarības vajadzību konkrētajā gadā. Tas īpaši raksturīgs 2000. un 2002. gadam, kad, palielinoties mājlopu skaitam, NPK masa izmantotajā lopbarībā bija attiecīgi tikai 83.7 un 86.6 kg N, 44.0 un 35.3 kg P₂O₅, 83.0 un 61.1 kg K₂O uz 1 dzīvnieku vienību. Vienīgi ar pakaišu materiālu kūti ienestais NPK daudzums cieši korelēja ar dzīvnieku vienību skaitu saimniecībā (R = 0.91–0.93). Iznese Kūts bilancē veidoja uzkrātajos kūtsmēslos esošā slāpekļa, fosfora un kālija masa un kūtsmēsliu ieguves, uzglabāšanas un iestrādes laikā radušies NPK zudumi, kā arī NPK realizētajā lopkopības produkcijā. Vidēji gadā kopējā iznese no lopkopības (kūts) bija 2536 kg N, 925 kg P₂O₅ un 1291 kg K₂O. Tā kā kūtsmēsliu masa un arī zudumi no lopkopības bija tieši proporcionāli dzīvnieku skaitam saimniecībā, tad arī kopējā NPK iznese cieši korelēja ar dzīvnieku vienību skaitu (R = 0.83–0.93). Slāpekļa iznese no lopkopības nozares

NPK Kūts bilances sastāvdaļas, vidēji 1999.–2003. g., kg
Variables of NPK Barn balance, average per year, 1999–2003, kg

Rādītājs / Variable	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
IENESA / INPUT			
Augkopības produkcijas daļa lopbarībai / Crop products as feedstuffs	1980	653	2293
Salmi pakaišiem / Straw for litter	173	73	443
Iepirkta lopbarība / Purchased feed	350	274	91
Iepirktie dzīvnieki / Purchased animals	33	20	3
IZNESA / OUTPUT			
Pārdotā lopkopības produkcija / Animal products sold	547	239	159
Uzkrātie organiskie mēsli / Accumulated manure	1482	671	1076
Zudumi no lopkopības / Losses (barn + manure storage)	638	15	57
BALANCE / BALANCE			
kg	-130	95	1539
kg ha ⁻¹ LIZ / per agricultural land	-3.3	2.4	38.9
kg DV ⁻¹ / per animal unit	-7.3	5.6	86.0

2000. un 2002. gadā par 772 un 991 kg pārsniedza tā ienesu, līdz ar to slāpekļa Kūts bilance vidēji pētījumu laikā bija negatīva (-7.3 kg DV⁻¹). Fosfora un kālija Kūts bilance bija pozitīva (attiecīgi 5.6 un 86.0 kg DV⁻¹). Vislielākais veidojās kālija pārpalikums. Šāda tendence ir atzīmēta arī citos līdzīgos augu barības elementu aprites pētījumos (Saporito, Lanyon, 2004; Bacon et al., 1990) un tiek saistīta ar iespējamām kļūdām kūtsmēslos esošo NPK krājumu un to zudumu uzskaitē. Iespējams līdz šim netiek pienācīgi novērtēta PK zudumu iespēja ar šķidrājiem izdalījumiem (virca) un notekūdeņiem.

NPK Saimniecības bilanci jeb šo augu barības elementu pārpalikumu saimniecībā veidoja gan tā NPK masa, kas, nonākot augsnē, netika saistīta kultūraugu ražā, gan arī tas NPK daudzums, kas netika izmantots kūts līmenī. Saimniecībā "Mareņi" slāpekļa pārpalikums galvenokārt tika novērots lauka līmenī (14.8–58.8 kg ha⁻¹ N), bet atsevišķos gados nedaudz arī lopkopībā (4.2–11.0 kg ha⁻¹ N). Ražā nesaistītais slāpekļa pārpalikums daļēji imobilizējas augsnē, bet ar palielinātu nokrišņu daudzumu tas var ieskaloties dziļākos augsnes slāņos, nokļūst gruntsūdeņos, ūdenskrātuvēs un pasliktināt dzeramā ūdens kvalitāti. Taču, salīdzinot ar slāpekļa bilanci daudzviet Eiropā (Halberg, 1999; Aarts et al., 2000; Myrbeck, 2001; Nielsen, Kristensen, 2005), šajā saimniecībā zudumiem potenciāli pakļautā slāpekļa daudzums nebija ievērojams. Arī fosfora pārpalikums tika konstatēts galvenokārt lauka līmenī. Lai gan tas bija salīdzinoši liels (40–60 kg ha⁻¹ P₂O₅), fosfors saistās

augsnē, palielinot augiem izmantojamās resursus, bet tā zudumi vairāk iespējami ar ūdens virszemes noteci izteikta reljefa apstākļos, taču tas nebija raksturīgs šai saimniecībai. Kā rāda pētījumi Zviedrijā (Swensson, 2003), saimniecībās, kas vienlaicīgi nodarbojas ar augkopības un lopkopības produkcijas ražošanu un realizāciju, fosfora bilance parasti ir bijusi robežās no 7 līdz 53 kg, bet citās valstīs arī vairāk par 70 kg ha⁻¹ P₂O₅ (Sibbesen, Runge–Metzger, 1995; Wolf et al., 2005). Kālija Saimniecības bilance "Mareņos" vidēji 1999.–2003. gadā bija 7.7 kg ha⁻¹ K₂O, taču šis rādītājs atspoguļo tikai saimniecībā ienākošās un no saimniecības izejošās kālija plūsmas starpību. Lauka līmenī tika novērots izteikts kālija deficīts (vidēji gadā -31.4 kg ha⁻¹ K₂O), kas var negatīvi ietekmēt augsnes kālija nodrošinājumu. Savukārt lopkopības sektorā noteikts liels kālija pārpalikums, kura tālākā plūsma nav noskaidrota.

Secinājumi

NPK ienesa saimniecībā "Mareņi" galvenokārt notika ar iepirktajiem minerālmēsliem, lopbarību, kā arī ar bioloģiski saistīto slāpekli, kas kopā bija 98% no ienesas. Minerālmēsli bija galvenā ienesas sastāvdaļa Lauka bilancē. Ar tiem vidēji gadā uz 1 ha LIZ iestrādāja 53.7 kg N, 55.8 kg P₂O₅ un 44.7 kg K₂O. Kūtsmēsli nodrošināja attiecīgi 37.4 kg N, 16.9 kg P₂O₅ un 32.7 kg K₂O. Kultūraugu ražā netika akumulēts viss augsnē ienestais slāpekļa un fosfora daudzums – vidēji 39.7 kg ha⁻¹ N un 39.0 kg ha⁻¹ P₂O₅, bet kālija iznesa pārsniedza tā ienesu (vidēji -31.2 kg ha⁻¹ K₂O). No izaudzētajā

augkopības produkcijā uzkrātā NPK daudzuma vairāk nekā divas trešdaļas nonāca saimniecības iekšējā apritē, veidojot attiecīgi 85.0, 70.5 un 96.2% no kopējā slāpekļa, fosfora un kālija daudzuma lopbarībā. Lopkopības nozarē tika noteikts liels kālija pārpalikums. Pētījumu laikā saimniecības balance vidēji bija 36.4 kg N, 51.0 kg P₂O₅ un 7.7 kg K₂O uz 1 ha LIZ. Liels slāpekļa un fosfora pārpalikums, kas varētu būtiski ietekmēt vides kvalitāti, saimniecībā nav konstatēts.

Literatūra

1. Aarts, H.F.M., Habekotte, B., van Keulen, H. (2000) Nitrogen (N) management in the "De Marke" dairy farming system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, V. 56, pp. 231-240.
2. Bacon, S.C., Lanyon, L.E., Schlauder, R.M.Jr. (1990) Plant nutrient flow in the managed pathways of an intensive dairy farm. *Agronomy Journal*, V. 82, pp. 755-761.
3. Van Beek, C.L., Brouwer, L., Oenema, O. (2003) The use of farmgate balances and soil surface balances as estimator for nitrogen leaching to surface water. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, V. 67, pp. 233-244.
4. Boruks, A. (2004) *Dabas apstākļi un to ietekme uz agrovidi Latvijā*. Rīga, 166 lpp.
5. Bujnovsky, R., Igras, J. (2001) Nutrient balances (NPK) for representative farms in Czech Republic, Latvia, Poland and Slovak Republic. *Fertilizers and Fertilization*, No. 2 (7), pp. 53-65.
6. Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). (1991) *Official Journal of the European Communities*, No. L375, 21.12.91.
7. Halberg, N. (1999) Indicators of resource use and environmental impact for use in a decision aid for Danish livestock farmers. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, V. 76, pp. 17-30.
8. Hanegraaf, C.M., Den Boer, D.J. (2003) Perspectives and limitations of the Dutch Minerals Accounting System (Minas). *European Journal of Agronomy*, V. 20, pp. 25-31.
9. Harrison, J., Nennich, T., Kincaid, R., Van Wieringen, L. (2004) Potassium nutrition: cow requirements and whole farm balance. *Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop*, Oct. 26 – 27, 2004, Holiday inn, Grantville, PA, pp. 17-31.
10. 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.
11. *Lauku saimniecības Latvijā 2004. gadā*. (2005) Statistikas biļetens, LR Centrālā Statistikas pārvalde. Rīga, 36 lpp.
12. Mulier, A., Hofman, G., Baecke, E., Carlier, L., De Brabander, D., De Groote, G., De Wilde, R., Fiems, L., Janssens, G., Van Cleemput, O., Van Herck, A., Van Huylenbroeck, G., Verbruggen, I. (2003) A methodology for the calculation of farm level nitrogen and phosphorus balances in Flemish agriculture. *European Journal of Agronomy*, V. 20, pp. 45-51.
13. Myrbeck, A. (2001) Nutrient flows and balances in different farming systems – A study of 1300 Swedish farms. In: *Element balances as a sustainability tool. Proceedings of the Workshop in Uppsala, March 16–17, 2001*. JTI Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, p. 109.
14. 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.
15. Nikolova, M.T. (2005) Potassium balance in field, farm and country level in Bulgaria. *Fertilizers and Fertilization*, No. 3 (24), pp. 89–97.
16. *Noteikumi par ūdens un augsnes aizsardzību no lauksaimnieciskās darbības izraisītā piesārņojuma ar nitrātiem (Nr. 531)*. (2001) Latvijas Republikas Ministru kabinets, 2001. gada 18. decembrī.
17. 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.
18. Saporito, L.S., Lanyon, L.E. (2004) Evaluating the spatial and temporal dynamics of farm and field phosphorus and potassium balances on a mixed crop and livestock farm. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, V. 69, pp. 85-94.
19. Sibbesen, E., Runge-Metzger, A. (1995) Phosphorus balance in European agriculture – status and policy options. In: H. Tiessen, Ed. *Phosphorus in global environment*. John Wiley & Sons, Chichester, UK, pp. 43-58.
20. Swensson, C. (2003) Analyses of mineral balances between 1997 and 1999 from dairy farms in the south of Sweden. *European Journal of Agronomy*, V. 20, No. 1, pp. 63-69.
21. Tunney, H., Csatho, P., Ehlert, F. (2003) Approaches to calculating P balance at the field-scale in Europe. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, V. 166, pp. 438-446.
22. Wolf, J., Rotter, R., Oenema, O. (2005) Nutrient emission models in environmental policy evaluation at different scales – experience from Netherlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, V. 105, issues 1–2, pp. 291-306.

Pateicība

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

Botāniskās piedevas ietekme uz putnu organisma metaboliskiem procesiem organiskās lauksaimniecības apstākļos The influence of a Botanical Feed Additive on Poultry Organism Metabolic Processes in Organic Farming Conditions

Īra Vītiņa, Vera Krastiņa

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

Abstract. A botanical feed additive from local plants components was elaborated for the needs of organic farming poultry branch. *Flores Calendulae*, *Folia et herba Urticae*, *Cortex Quercus* and other botanic ingredients were included in its composition. Metabolic processes in poultry organism were favored by a 1% botanical additive supplement to the daily ration of broilers and laying hens. Pyruvic acid level in the blood of broilers and laying hens decreased correspondingly by 4.20 mg kg⁻¹ and 6.47 mg kg⁻¹, glucose – by 199.9 mg kg⁻¹ and 156.30 mg kg⁻¹, cholesterol – by 0.23 g kg⁻¹ and 0.10 g kg⁻¹, but carotenoids content increased correspondingly by 0.9 mg kg⁻¹ and 0.4 mg kg⁻¹. Moreover, the decrease of cholesterol content in broiler and laying hens muscle tissue (by 0.04 g kg⁻¹) and egg yolk (by 0.26 g kg⁻¹) was promoted. Broilers live weight increased by 2.8% and laying intensity of laying hens increased by 3.2% in comparison with the control group.
Key words: broilers, laying hens, botanical feed additive.

Ievads

Pēdējo gadu laikā konvencionālajā putnkopībā plaši tiek izmantotas dabas vielas saturošas piedevas, tā saucamās botāniskās piedevas. Tās lieto ne tikai putnu produktivitātes sekmēšanai, bet galvenokārt produkcijas kvalitātes uzlabošanai, kā arī barības maisījumos esošo sintētisko preparātu aizvietošanai (Kamel, 2002).

Ir uzsākti arī pētījumi par botānisko piedevu izmantošanas spektru organiskajās lauksaimniecības saimniecībās. Jāatzīmē, ka šajās saimniecībās botānisko piedevu izmantošana ir īpaši aktuāla un efektīva – tās aizvieto putnu barībā esošos sintētiskos preparātus, kas organiskajās lauksaimniecības saimniecībās ir aizliegti.

Botānisko piedevu sastāvā ietilpstošās dabīgās bioaktīvo vielu substances sekmē metaboliskos procesus putnu organismā: paaugstinās putna produktivitāte, uzlabojas produkcijas kvalitāte. Tiek izstrādātas mērķtiecīga sastāva botāniskās piedevas, tas ir, tādas piedevas, kas satur noteiktus bioaktīvos komponentus, kuri sekmē vēlamās vielu maiņas funkcijas putnu organismā (Gill, 2000). Piemēram, ārzemju firmu izstrādātajām botāniskajām piedevām ir gan antibakteriāla, antifungiciāla, antitoksīna, antioksidatīva u.c. aktivitāte, gan arī olas un gaļu pigmentējošas un citas īpašības (Jamroz et al., 2002; Botanicals ..., 2003; Natural yolk ..., 2003; Improving egg ..., 2003 u.c.).

Pastāv uzskats, ka bioaktīvās vielas, kas atrodas vietējos ekoloģiskajos apstākļos augošos augos, ir īpaši efektīvas un ir labvēlīgākas tieši uz attiecīgajā reģionā audzētiem putniem. Šajā sakarā izstrādājām botānisko piedevu no vietējā organiskās lauksaimniecības

saimniecībā audzētiem dabas vielu komponentiem. Piedevas sastāvā ir *Flores Calendulae*, *Folia et herba Urticae*, *Cortex Quercus* un citi fitogēnie ingredientīti. Piedeva satur šādus bioaktīvo vielu kompleksus: vitamīnus un provitamīnus (A, D, C, E, B₁, B₂, B₆, B₁₂, K, P, karotinoīdus, ksantofilus, flavonoīdus u.c.), minerālvielas (Ca, K, Mg, P, Fe, Zn, Mn, Cu u.c.), sterīnus, hormonus, terpēnus, ogļhidrātus, fenolus, aldehīdus, ketonus, hinonus, organiskās skābes, ēteriskas eļļas, alkaloīdus, fitoncīdus u.c.

Mūsu pētījumu mērķis bija izvērtēt botāniskās piedevas ietekmi uz putnu produktivitāti saistībā ar organisma metabolisko procesu norises līmeni.

Materiāls un metode

Pēc vienādas metodikas vienlaicīgi veica divus izmēģinājumus. Vienu izmēģinājumu veica ar krosa „Hibro G” broileriem (n=200), diennakti līdz 49 dienu veci, otru izmēģinājumu – ar krosa „Lohmann Brown” dējējvistām (n=200), 21 līdz 45 nedēļu vecas. Katrā izmēģinājumā bija divas putnu grupas: kontroles un izmēģinājuma grupa.

Kontroles un izmēģinājuma grupas broileriem un dējējvistām izēdināja organiskās lauksaimniecības noteikumiem atbilstoša sastāva barību, kas bija sabalansēta saskaņā ar krosu normatīvu norādēm. Putnu barības maisījumā noteiktā daudzumā iekļāva organiskās lauksaimniecības saimniecībās audzētus miežus, kviešus, griķus, auzas un zirņus, kā arī atļautos barības līdzekļus: rapša raušus, eļļu, lopbarības raugu, zivju miltus, minerālvielas un vitamīnu piedevas. Izēdinātā barība starp grupām atšķīrās ar to, ka otrās

grupas broileru un dējējvistu barībai pievienoja 1% botāniskās piedevas.

Izmēģinājuma periodā uzskaitīja un aprēķināja broileru un dējējvistu produktivitāti. Broileru produktivitāti noteica pēc dzīvmasas, individuāli sverot katru putnu 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42 un 49 dienu vecumā, ņemot vērā barības patēriņu jeb konversijas un produktivitātes indeksu. Grupai izēdināto barības daudzumu katru dienu nosvēra un aprēķināja apēstās barības daudzumu uz 1 kg dzīvmasas (barības konversija). Broileru produktivitātes indeksu aprēķināja pēc formulas, kurā bija ietverti broileru dzīvmasas, vecuma, barības konversijas un saglabāšanās rādītāji.

Dējējvistu produktivitāti noteica pēc vistu dējības intensitātes, aprēķinot uzskaites periodā izdēto olu skaitu % no sākotnējā vistu daudzuma, pēc barības konversijas, sverot katru dienu grupā apēstās barības daudzumu un aprēķinot barības patēriņu uz 1 kg iegūtās olu masas, un pēc vidējās olu masas, sverot katru dienu visas izdētās olas un aprēķinot vidējo olu masu uzskaites periodā.

Putnu organisma metabolisko procesu norises līmeni noteica pēc asins, aknu, muskuļaudu un olu bioķīmiskā sastāva. Orgānu un audu ķīmisko sastāvu noteica izmēģinājuma beigās, t.i., 49 dienu veciem broileriem un 45 nedēļu vecām dējējvistām, analizējot attiecīgos rādītājus no katras grupas 10 putniem. Bioķīmiskās analīzes veica "Biotehnoloģijas un veterinārmedicīnas zinātniskā institūta "Sīgra" akreditētā Bioķīmijas laboratorijā LATAK, reģistrācijas Nr.LATAK-T-038-03-99-A, pēc akreditētām standarta

metodikām. Iegūto datu statistiskā apstrāde tika veikta, izmantojot SPSS 8.0 programmu paketi.

Rezultāti un diskusija

Botāniskās piedevas pievienošana broilercāļu un dējējvistu barībai sekmēja putnu produktivitāti. Broilercāļiem izēdinot barību ar botānisko piedevu, to dzīvmasa 49 dienu vecumā vidēji bija 2513.6 g, kas ir 69.7 g vai 2.8% vairāk nekā kontroles grupas broileriem ($p<0.05$) (1. tabula). Broileru produktivitātes paaugstināšanos apstiprināja arī aprēķinātais produktivitātes indekss.

Izmēģinājuma grupu broileru produktivitātes indekss bija 267.2%, t.i., 12.8% augstāks nekā kontroles grupai.

Vistu dējības intensitāte, izēdinot tām barību ar botānisko piedevu, vidēji bija 91.77%, t.i., 3.21% augstāka nekā kontroles grupas vistām ($p<0.05$).

Atbilstoši paaugstinātajai izmēģinājuma grupu broileru dzīvmasai un vistu dējības intensitātei, barības patēriņam produkcijas vienības ražošanai bija tendence samazināties.

Broileru un dējējvistu produktivitātes līmenis ir cieši saistīts ar organisma vielu maiņas procesu intensitāti. Šajā sakarībā izvērtēja botāniskās piedevas ietekmi uz broileru un dējējvistu organisma metaboliskajiem procesiem pēc asins, aknu, muskuļaudu un olu bioķīmiskā sastāva rādītājiem.

Botāniskās piedevas bioloģiski aktīvo vielu komponenti būtiski neietekmēja minerālvielu un olbaltumvielu maiņas līmeni putnu organismā. Analizētie minerālvielu maiņas testi – kalcija, fosfora un rezerves

1. tabula / Table 1

Broileru un vistu produktivitāte Productivity of broilers and laying hens

Rādītāji / Parameters	1. gr. – kontrole* / 1 st group – control*	2. gr. – izmēģ.* / 2 nd group – trial*	± pret kontroli / ± to control
Broileru produktivitāte / Productivity of broilers:			
Dzīvmasa 49 dienu vecumā, g / Live weight on 49th day of age, g	2443.9±13.19	2513.6±10.99	+69.7
Barības konversija, kg kg ⁻¹ / Feed conversion, kg kg ⁻¹	1.96	1.92	-0.04
Produktivitātes indekss / Index of productivity	254.4	267.2	+12.8
Dējējvistu produktivitāte / Productivity of laying hens:			
Dējības intensitāte, % / Laying intensity, %	88.56±1.02	91.77±0.95	+3.21
Barības konversija, kg kg ⁻¹ / Feed conversion, kg kg ⁻¹	2.26	2.20	-0.06
Vidējā olu masa, g / Average egg weight, g	62.28±0.20	61.78±0.18	-0.50

* – tabulā iekļauti putnu grupas vidējie rādītāji; rādītājiem, kuriem bija iespējams aprēķināt standartnovirzi, tā ir norādīta kopā ar vidējiem rādītājiem / the table includes average parameters of poultry groups; standard deviation, which was possible for parameters, is shown with average parameters

2. tabula / Table 2

Broileru un vistu asins bioķīmiskie rādītāji
Blood biochemical indices of broilers and laying hens

Rādītāji / Parameters	Broileri / Broilers		Dējējvistas / Laying hens	
	1. gr. – kontrole / 1 st group – control	2. gr. – izmēģ. / 2 nd group – trial	1. gr. – kontrole / 1 st group – control	2. gr. – izmēģ. / 2 nd group – trial
Hemoglobīns, g kg ⁻¹ / Haemoglobin, g kg ⁻¹	108.8±0.23	114.5* ±0.25	132.8±0.29	146.4*±0.39
Kopējais olbaltums, g kg ⁻¹ / Total albumen, g kg ⁻¹	31.7±0.30	32.9*±0.21	76.10±0.11	75.30*±0.19
Rezerves sārmāinība, mg kg ⁻¹ / Reserve alkaline, mg kg ⁻¹	1500±11.02	1500*±9.54	1260±4.90	1210*±5.80
Kalcijs, mg kg ⁻¹ / Calcium, mg kg ⁻¹	110.70±0.98	92.70* ±1.30	117.0±0.45	125.0*±0.53
Fosfors, mg kg ⁻¹ / Phosphorus, mg kg ⁻¹	73.80±1.83	73.70* ±1.48	66.1±1.11	66.1*±1.04
Glikoze, mg kg ⁻¹ / Glucose mg kg ⁻¹	1699.9±6.92	1500** ±3.85	1884.6±8.52	1728.3** ±4.15
± pret kontroli / ± to control	–	-199.9	–	-156.30
Pirovīnogskābe, mg kg ⁻¹ / Pyruvic acid, mg kg ⁻¹	15.10±0.15	10.9** ±0.13	18.47±0.19	12.0**±0.20
± pret kontroli / ± to control	–	-4.20	–	-6.47

* – ticamība ar kontroles grupu p>0.05 / differences compared to the control are not statistically significant at p>0.05

** – ticamība ar kontroles grupu p<0.05-0.01 / differences compared to the control are statistically significant at p<0.05-0.01

sārmāinības saturs – izmēģinājuma grupu broileru un dējējvistu asinīs bija līdzvērtīgi to līmenim kontroles grupā (2. tabula). Arī analizēto olbaltumvielu maiņas rādītāju līmenis, t.i., kopējais olbaltums asinīs un kopproteīna saturs muskuļaudos un aknās, būtiski neatšķīrās kontroles un izmēģinājuma grupu broileriem un dējējvistām (2. un 3. tabula).

Ogļhidrātu maiņas raksturošanai noteica glikozes un pirovīnogskābes līmeni asinīs (2. tabula). Botāniskā

piedeva broileru un dējējvistu barībai samazināja glikozes līmeni asinīs attiecīgi par 199.9 un 156.30 mg kg⁻¹. Vienlaicīgi samazinājās arī pirovīnogskābes saturs asinīs – attiecīgi par 4.20 un 6.47 mg kg⁻¹. Glikozes un pirovīnogskābes līmenis asinīs raksturo aizkuņģa dziedzera hormonālo aktivitāti. Ja organismā trūkst aizkuņģa dziedzera hormons – insulīns –, tad asinīs palielinās gan glikozes, gan arī pirovīnogskābes saturs, t.i., tās netiek reducētas glikolītiskā un oksidatīvā ciklā.

3. tabula / Table 3

Kopproteīna saturs broileru un vistu muskuļaudos un aknās, %
The content of total protein in muscle tissue mass and liver of broilers and laying hens, %

Rādītāji / Parameters	Broileri / Broilers		Dējējvistas / Laying hens	
	1. gr. – kontrole / 1 st group – control	2. gr. – izmēģ. / 2 nd group – trial	1. gr. – kontrole / 1 st group – control	2. gr. – izmēģ. / 2 nd group – trial
Muskuļaudos / In muscle tissue mass	20.62±0.59	19.25* ±0.43	17.64±0.51	17.55* ±0.68
±pret kontroli / ±to control	–	-1.37	–	-0.09
Aknās / In liver	19.40±0.34	18.80* ±0.23	17.10±0.35	17.40* ±0.28
± pret kontroli / ± to control	–	-0.60	–	+0.30

* – ticamība ar kontroles grupu p>0.05 / differences compared to the control are not statistically significant at p>0.05

Holesterīna un karotinoīdu saturs broileru un vistu organismā un vistu olās
The content of cholesterol and carotenoids in the organisms and eggs of broilers and laying hens

Rādītāji / Parameters	Broileri / Broilers		Dējējvistas / Laying hens	
	1. gr. – kontrolē / 1 st group – control	2. gr. – izmēģ. / 2 nd group – trial	1. gr. – kontrolē / 1 st group – control	2. gr. – izmēģ. / 2 nd group – trial
Holesterīns, g kg⁻¹ / Cholesterol, g kg⁻¹				
Muskuļaudos / In muscle tissue mass	0.86±0.01	0.82* ±0.02	0.62±0.01	0.58** ±0.01
% pret kontroli / % to control	100	95.35	100	93.55
Aknās / In liver	3.27±0.03	3.12* ±0.01	2.97±0.02	2.85* ±0.02
% pret kontroli / % to control	100	95.41	100	95.95
Asinīs / In blood	1.86±0.01	1.63** ±0.01	1.60±0.01	1.50** ±0.02
% pret kontroli / % to control	100	87.63	100	93.75
Olu dzeltenumā / In egg yolk	–	–	5.97±0.03	5.71** ±0.02
% pret kontroli / % to control	–	–	100	95.64
Karotinoīdi, mg kg⁻¹ / Carotenoids, mg kg⁻¹				
Asinīs / In blood	9.75±0.11	10.65** ±0.14	7.60±0.10	8.0* ±0.09
% pret kontroli / % to control	100.00	109.23	100.00	105.26
Olu dzeltenumā / In egg yolk	–	–	372.20±5.03	388.20* ±8.12
% pret kontroli / % to control	–	–	100	104.29

* – ticamība ar kontroles grupu $p < 0.05$ / differences compared to the control are statistically significant at $p < 0.05$

** – ticamība ar kontroles grupu $p < 0.01$ / differences compared to the control are statistically significant at $p < 0.01$

Tātad botāniskā piedeva bija sekmējusi aizkuņģa dziedzera hormonālo aktivitāti broileru un dējējvistu organismā. Šo pieņēmumu apstiprina arī botāniskās piedevas ietekme uz holesterīna saturu izmēģinājuma grupu broileru un dējējvistu asinīs, aknās, muskuļaudos un olās. Tās ietekmē samazinājās holesterīna līmenis broileru un dējējvistu asinīs – attiecīgi par 0.23 un 0.10 g kg⁻¹, muskuļaudos – par 0.04 un 0.04 g kg⁻¹, aknās – par 0.15 un 0.12 g kg⁻¹, un olu dzeltenumā – par 0.26 g kg⁻¹ (4. tabula).

Holesterīna biosintēze notiek putnu aknu un tievo zarnu šūnās. Holesterīna biosintēzi regulē hormonāli, tajā skaitā īpaša nozīme ir aizkuņģa dziedzera hormoniem (King, 2003). Šajā aspektā varam pieņemt, ka botāniskās piedevas sastāvā esošās bioaktīvās vielas bija sekmējušas aizkuņģa dziedzera hormonālās funkcijas. Tās savukārt, iespējams, bija kavējušas holesterīna sintēzi aknās.

Holesterīna satura samazināšanos broileru un dējējvistu asinīs, muskuļaudos un olās varētu saistīt arī ar dabīgo antioksidantu palielināto saturu botāniskās piedevas sastāvā. Botāniskās piedevas komponenti saturēja vidēji 0.3 g kg⁻¹ karotinoīdu. Botāniskajā piedevā esošie karotinoīdi, īpaši α -karotīns, luteīns un likopīns, kā arī polifenoli un galluskābe ir ar spēcīgu antioksidatīvo aktivitāti (Van Dyck et al., 2003).

Pievienojot botānisko piedevu broileru un dējēj-

vistu barībai, putnu orgāni un audi bagātinājās ar karotinoīdiem, tas ir, ar dabīgiem antioksidantu kompleksi. Izmēģinājuma grupu broileru un dējējvistu asinīs karotinoīdu saturs palielinājās attiecīgi par 0.9 mg kg⁻¹ un 0.4 mg kg⁻¹, un olu dzeltenumā – par 16 mg kg⁻¹ salīdzinājumā ar kontroles grupu (4. tabula).

Varam pieņemt, ka dabīgo antioksidantu kompleksi broileru un dējējvistu organismā stabilizēja polinepiesātinātās taukskābes (Freese et al., 2000). Tās savukārt holesterīnu var reducēt metaboliskos procesos un, iespējams, tādā veidā arī samazināt tā līmeni muskuļaudos un olu dzeltenumā.

Secinājumi

Botāniskās piedevas (deva 1%) pievienošana broileru un dējējvistu barībai organiskās lauksaimniecības saimniecībās salīdzinājumā ar kontroles grupu:

1) sekmēja putnu produktivitāti: broileru realizācijas dzīvmasa paaugstinājās par 2.8% un vistu dējības intensitāte par 3.2%;

2) broileru un dējējvistu asinīs samazināja glikozes (attiecīgi par 199.9 mg kg⁻¹ un 156.30 mg kg⁻¹) un pirovīnogskābes (attiecīgi par 4.20 mg kg⁻¹ un 6.47 mg kg⁻¹) līmeni, bet paaugstināja karotinoīdu (attiecīgi par 0.9 mg kg⁻¹ un 0.4 mg kg⁻¹) saturu. Vienlaicīgi samazinājās holesterīna saturs broileru un dējējvistu muskuļaudos (par 0.04 g kg⁻¹) un olu dzeltenumā (par 0.26 g kg⁻¹).

Literatūra

1. Botanicals supplier – product matrix and mini-directory. (2003) *Feed international*, April, pp. 23-26.
2. Freese, R. and research group. (2000) Comparison of the effects of diets with different unsaturated fatty acid and natural antioxidant contents on oxidative stress. *Skandinavian journal of nutrition. The 7th Nordic Nutrition Congress, Mariehamn, Åland 18-21, June 2000, Närings-forskning*, Vol. 44, pp. 104.
3. Gill, C. (2000) Botanical feed additives. *Feed International*, April, pp. 14-17.
4. Improving egg quality with natural additives. (2003) *International Poultry Production*. Vol. 12, No. 1, pp. 21.
5. Jamroz, D., Orda, J., Kamel, C., Wiertelcki, T., Skorupinska, J. (2002) Influence of phytogetic extracts on performance, digestibility and gut microbial status in broiler chickens. *Archiv für Geflügelkunde, 11th European Poultry Conference, Abstracts, 6-10 September 2002, Bremen*, pp. 105.
6. Kamel, C. (2002) Re-defining botanicals. *Feed international*, March, pp. 24-27.
7. King, M.W. (2003) Cholesterol and Bile Metabolism: [Http: www.indstate.edu/thmel/mwking/cholesterol.html](http://www.indstate.edu/thmel/mwking/cholesterol.html) – Resurss apraksts 18.11.2003.
8. Natural yolk pigments from marigold meal. (2003) *International Poultry Production*, Vol. 12, No. 1, pp. 21.
9. Van Dyck, Stefaan, M.O., Adams Clifford, A. (2003) Dietary antioxidants-antiradical active nitricines. *International Poultry Production*, Vol. 11, No. 6, pp. 15-19.

Papildbarības "Penergetic-T" efektivitāte teļu ēdināšanā Efficiency of Feed Additive "Penergetic-T" in Calf Feeding

Aiga Trūpa, Jānis Latvietis

LLU Agrobiotehnoloģijas institūts, e-pasts: aigat@llu.lv

Institute of Agrobiotechnology, LLU, e-mail: aigat@llu.lv

Aija Rozenfelde

SIA "Bioenergy", e-pasts: aija@bertasnams.lv

SIA "Bioenergy", e-mail: aija@bertasnams.lv

Abstract. A new feed additive "Penergetic-T" was tested for calves' growth and development parameters on 6 to 18 weeks old calves of Latvian brown breed (n=20). Feed additive "Penergetic-T" stimulated appetite in the trial group calves: during the recording period each animal consumed 8 MJ ME of feed more than in the control group. The new feed additive also favored growth of calves. The average live weight gain of trial group animals exceeded that of the control group by 25 g daily ($p<0.05$). Considering the comparatively higher weight gain indices and the more complete utilization of the consumed feed stuffs in the trial group, for a 1 kg live weight gain the calves of the trial group consumed feed worth LVL 0.51, which was slightly less than in the control group (LVL 0.52).

Key words: calves, feed additive, weight gain.

Ievads

Tradicionālās dzīvnieku ēdināšanas metodes tiek papildinātas ar jaunām barības piedevām, ko veicina zinātnes sasniegumi bioķīmijā un biofizikā. Līdz ar to dzīvnieku ēdināšanas zinātnē un praksē paveras iespējas bagātināt barības devas ar efektīvām piedevām.

Mūsu valstī lopbarības ražošanas uzņēmumi un firmas sadarbībā ar zinātniekiem pēdējā laikā lielu uzmanību pievērš barības piedevu izgatavošanai un pārbaudei. Dzīvnieku ēdināšanai tiek rekomendētas daudzas jaunas barības piedevas, kas, pēc piedevu autoru un ražotāju informācijas, veicina pilnīgāku barības sagremošanu un barības vielu uzsūkšanos dzīvnieka organismā, kavē kaitīgās mikrofloras vairošanos gremošanas traktā un neapdraud dzīvnieka veselību. Ievērojot šos faktorus, uzlabojas dzīvnieka veselība, tie intensīvāk aug un attīstās, un ekonomiskāk izmanto barību.

Jaunās paaudzes barības piedeva "Penergetic-T" ir īpašas apstrādes tehnoloģijas rezultātā iegūts bioloģisks produkts, kas harmonizē visus dzīvībai svarīgos procesus dzīvnieka organismā, uzlabo gremošanas procesus, stimulē vielu maiņu un veicina dzīvnieku augšanu (Bronzino, 1995; Venslauskas, Saulis, 1991).

Netradicionālās barības piedevas "Penergetic-T"

autors ir vācu zinātnieks Rolands Ploheris (Roland Plocher). Jaunās barības piedevas aktīvā viela ir kalcija karbonāts (CaCO_3), kas darbojas kā enerģētiskais akumulators, kurš noteiktu apstākļu ietekmē aktivizē organisma šūnas, kas piedalās vielu maiņā. Akumulators – neitrāls kalcija karbonāts – tiek uzlādēts oriģinālā konstrukcijā "Plohera sistēma", kur vibrējošais starojums pārvēršas enerģētiskā starojumā un magnētiskā lauka ietekmē tiek pārnesti uz kalcija karbonātu (Rural Economy..., 2006*; Plocher technology..., 2006**). Lai gan mūsdienu biofizikā vēl nav pilnībā noskaidrojuši bioloģisko molekulu sintēzes procesu, kas nosaka dažādu barības vielu un to kombināciju izmantošanu no uzņemtās barības dzīvnieka organismā, tomēr vairākās zinātniskās pētniecības iestādēs veiktie eksperimenti un pārbaudes ražošanas apstākļos liecina, ka barības piedevu "Penergetic-T" saņēmušie dzīvnieki (nobarojamās cūkas) auga straujāk un deva par 3% lielākus dzīvmasas pieaugumus nekā viņu līdzinieki kontroles grupās (Venslauskas, Saulis, 1995).

Materiāls un metodika

Pētījums veikts Cēsu rajona Brenguļu pagasta z/s "Upmaļi" nobarojamo jaunlopu novietnē "Gaitnieki" ar 6-18 nedēļas veciem teļiem laikā no 2005. gada septembra līdz decembrim. Pētījumam atlasīja Latvijas

* Rural Economy. Penergetic-T: <http://www.penergetic.com/www/Produkte.nsf/EN/Penergetic-T>. – Resurss aprakstīts 2006. gada 7. septembrī.

** Plocher technology. Plocher eco-catalytic system: <http://www.plocher.de/english/index2.php> – Resurss aprakstīts 2006. gada 7. septembrī.

Teļu ēdināšanas shēma 4-18 nedēļu vecumā, kas paredz 700-800 g dzīvmasas pieaugumu diennaktī
Feeding scheme for 4-18 weeks old calves envisaged for a 700-800 g daily live weight gain

Vecums, nedēļas / Age, weeks	Kombinētā spēkbarība, kg / Concentrated feed, kg	Starterbarība, kg / Starter, kg	Piena aizvietoņājs, l / Milk replacer, l	Siens, kg / Hay, kg
4	0.3	0.2	6	<i>Ad libitum</i>
5	0.4	0.3	6	<i>Ad libitum</i>
6	0.5	0.4	6	<i>Ad libitum</i>
7	0.6	0.5	5	<i>Ad libitum</i>
8	0.7	0.6	4	0.3
9	0.8	0.7	2	0.4
10	0.9	0.8	–	0.5
11	1.0	0.9	–	0.6
12	1.1	1.0	–	0.7
13	2.3	–	–	0.8
14	2.5	–	–	0.9
15	2.5	–	–	1.0
16	2.5	–	–	1.1
17	2.5	–	–	1.3
18	2.5	–	–	1.5
Kopā no 7. līdz 18. nedēļai / Total from 7th to 18th week	139.3	31.5	77 (jeb / or 9.7 kg)	65.1

brūnās šķirnes 20 bullīšus sešu nedēļu vecumā, kas pēc analoģu principa (vecuma, dzīvmasas) tika sadalīti divās grupās, katrā pa 10 dzīvniekiem. Teļi saņēma vienus un tos pašus barības līdzekļus līdzīgus daudzumos atbilstoši saimniecībā lietotajām teļu ēdināšanas shēmām (1. tabula).

Pētījuma laikā teļiem izēdināmo kombinēto spēkbarību (pilnvērtīgu barību) gatavoja uz vietas saimniecībā, un tā sastāvēja no placinātiem miežu graudiem (25%), placinātiem kviešu graudiem (20%), maltiem kukurūzas graudiem (25%) un olbaltumvielu-vitamīnu-minerālvielu (OVM) piedevas (30%). Starterbarību "Primo Starter Mure" un piena aizvietoņāju "Primo Standard" saimniecība iegādājās no SIA "Baltic Feed" (2. tabula).

Starterbarību teļiem izēdināja maisījumā ar saimniecībā izgatavoto spēkbarību, bet siltā ūdenī izšķīdinātu piena aizvietoņāju attiecībā 1:7 (1 kg aizvietoņāja + 7 l ūdens) šķidrā veidā izdzirdīja ēdināšanas shēmā paredzētajā daudzumā līdz 10 nedēļu vecumam. Dzeramā ūdens apgāde bija nodrošināta no automatiskām dzirdnēm. Nepieciešamības gadījumā (pēc vēlēšanās) dzīvnieki barības līdzekļos esošās minerālvielas varēja papildināt no laizāmās sāls KNZ, kas atradās barības silītēs teļiem brīvi pieejamā vietā.

Pētījuma metodikā noteiktā atšķirība dzīvnieku ēdināšanā bija pārbaudāmās lopbarības piedevas "Penergetic-T" pievienošana spēkbarības maisījumam

izmēģinājuma grupas teļiem: 1.0 g diennaktī teļiem 7-10 nedēļu vecumā un 2.0 g diennaktī 11-18 nedēļu vecumā. Piedevas porcijas nosvēra uz elektroniskiem svariem, safasēja atsevišķos maisiņos un katram teļam paredzēto devu ielēja spēkbarības maisījumā rīta un vakara ēdināšanas reizēs.

Pētījuma laikā uzskaitīja apēsto barību kā starpību starp izsniegtās un barības galdā palikušās neapēstās barības daudzumu. Izmēģinājuma uzskaites perioda 84 dienās apēsto barību aprēķināja pa grupām un kā vidējo uz vienu dzīvnieku.

Teļu augšanas dinamiku kontrolēja, regulāri reizi četrās nedēļās nosakot katra indivīda dzīvmasas izmaiņas. Izmēģinājuma uzskaites perioda laikā dzīvniekus svēra eksperimenta sākumā 6 nedēļu vecumā, tad 10 un 14 nedēļu vecumā un, eksperimentu noslēdzot, 18 nedēļu vecumā. Svēršanu veica no rītiem pirms pusdienu ēdināšanas reizes, izmantojot „BI-100 RB Cas” markas elektroniskos svarus. No svēršanas rezultātiem aprēķināja teļu vidējo dzīvmasu pa grupām, dzīvmasas pieaugumu pa periodiem un vidējo pieaugumu diennaktī.

Pētījumu rezultāti

Pētījuma laikā dzīvnieku barības devas tika uzturētas atbilstoši metodikā paredzētajai teļu ēdināšanas shēmai. Tā kā barības līdzekļu kvalitāte bija laba, bet barības devā – augsts koncentrātu tipa barības īpatsvars, tad

Starterbarības un piena aizvietoņā ķīmiskais sastāvs
Chemical composition of the starter and milk replacer

Sastāvdaļas / Chemical ingredients	Mērvienība / Measuring unit	Primo Starter Mure	Primo 1 Mure	Primo Standard
Kopproteīns / Crude protein	%	18.3	18.0	24.0
Koptauki / Crude fat	%	5.0	4.4	15.0
Kokšķiedra / Crude fiber	%	6.4	7.7	1.4
Pelnielā / Ash	%	7.2	7.5	8.2
Enerģētiskā vērtība / Energetic value	f.u. kg ⁻¹	1.13	1.08	17.2 MJ ME
Ca	g kg ⁻¹	10.1	11.0	7.0
P	g kg ⁻¹	5.9	6.0	7.0
Mg	g kg ⁻¹	3.5	4.0	2.2
Na	g kg ⁻¹	3.5	3.0	-
Mn	mg kg ⁻¹	63	70	60
Zn	mg kg ⁻¹	142	143	105
I	mg kg ⁻¹	5	5	1.5
Co	mg kg ⁻¹	1	1	1
Mo	mg kg ⁻¹	0.33	0.30	-
Cu	mg kg ⁻¹	15	15	15
Se	mg kg ⁻¹	0.5	0.5	0.3
Vitamīni / Vitamins:				
A	IV kg ⁻¹	13.500	8.000	40.000
D3	IV kg ⁻¹	4.000	2000	5.000
E	mg kg ⁻¹	—	85	50
K3	mg kg ⁻¹	—	—	4
C	mg kg ⁻¹	—	—	100
B1	mg kg ⁻¹	—	—	5
B2	mg kg ⁻¹	—	—	15
B6	mg kg ⁻¹	—	—	6
B12	mg kg ⁻¹	—	—	25
Lizīns / Lysine	%	—	—	1.45
Metionīns / Methionine	%	—	—	0.30

barības zudumi, izņemot sienu, bija niecīgi, un barības līdzekļu izlietojums – tuvs ēdināšanas programmā paredzētajam.

Viena kilograma barības līdzekļa barotājevērtības un izmaksu aprēķiniem izmantoti šādi vērtību kritēriji:

saimniecībā gatavotā kombinētā spēkbarība – 9.41 MJ maiņas enerģijas (ME), 170 g kopproteīna (KP), cena 0.15 LVL kg⁻¹;

starterbarība – 10 MJ ME, 165 g KP, cena 0.20 LVL kg⁻¹;

piena aizvietoņā – 17.2 MJ ME, 240 g KP, cena 0.61 LVL kg⁻¹;

stiebrzāļu siens – 7.1 MJ ME, 85 g KP, cena 0.035 LVL kg⁻¹.

Kopumā katrs izmēģinājuma grupas dzīvnieks uzskaite perioda 84 dienās patērēja barību ar 2191 MJ

ME un 35.8 kg kopproteīna ietilpību 34.90 latu vērtībā, kas ir attiecīgi par 8 MJ ME, 0.11 kg kopproteīna un 0.28 latiem vairāk nekā analogie kontroles grupas dzīvnieki vidēji. Grupējot vidējos dzīvnieku svērumu datus pa grupām un periodiem, iegūstam 3. tabulā apkopotos augšanas dinamikas rādītājus eksperimenta norises laikā.

Dzīvmasas pieauguma rādītāji liecina, ka augšanas temps pētījuma laikā augstāks bija izmēģinājuma grupas teļiem. Izmēģinājuma noslēgumā starpība starp izmēģinājuma un kontroles grupas dzīvniekiem sasniedza 2.1 kg dzīvmasā un 25 g vidējā dzīvmasas diennakts pieaugumā, kas bija 3.2% par labu izmēģinājuma grupai (4. tabula).

3. tabula / Table 3

Pētījuma uzskaites periodā (84 dienās) apēstās barības daudzums, barotājvērtība un izmaksas vidēji 1 teļam grupā

The amount, feeding value and costs of the consumed feed during the recording period (84 days) on average per 1 calf per group

Barības līdzeklis / Feedstuffs	Kontroles grupa / Control group				Izmēģinājuma grupa / Trial group			
	kg	kop-proteīns / crude protein, kg	ME, MJ	LVL	kg	kop-proteīns / crude protein, kg	ME, MJ	LVL
Kombinētā spēkbarība / Concentrated feed	136.5	23.205	1284	20.48	136.8	23.256	1287	20.52
Starterbarība / Starter	30.9	5.098	309	6.18	31.0	5.115	310	6.20
Piena aizvietojošais / Milk replacer	9.6	2.304	165	5.86	9.6	2.304	165	5.86
Siens, stiebrzāles / Hay, cereal grasses	59.9	5.091	425	2.10	60.4	5.134	429	2.11
"Penergetic-T"	—	—	—	—	0.140	—	—	0.21
Kopā / Total	236.9	35.698	2183	34.62	237.9	35.809	2191	34.90

4. tabula / Table 4

Teļu dzīvmasas izmaiņas uzskaites perioda 84 dienās
Changes in calf live weight during 84 days of the recording period

Rādītāji / Indices	Kontroles grupa / Control group	Izmēģinājuma grupa / Trial group	Balance / Balance + / -
Vidējā dzīvmasa 6 nedēļu vecumā, kg / Average live weight at the age of 6 weeks, kg	86.1±3.85	86.7±3.20	+0.6
Vidējā dzīvmasa 18 nedēļu vecumā, kg / Average live weight at the age of 18 weeks, kg	152.4±10.23	155.1±7.07	+2.7
Dzīvmasas pieaugums, uzskaites periodā, kg / Live weight gain during the recording period, kg	66.3	68.4	+2.1
Dzīvmasas vidējais pieaugums diennaktī, g / Average daily live weight gain, g	789	814	+25

Izmēģinājuma grupas dzīvnieki 1 kg dzīvmasas pieaugumam ēdināšanas un turēšanas apstākļos, kas bija vienādi ar kontroles grupas teļu ēdināšanas un turēšanas apstākļiem, 1 kg dzīvmasas pieaugumam patērēja par 0.9 MJ ME un 15 g kopproteīna mazāk nekā

viņu līdzinieki (5. tabula).

Ekonomiskam vērtējumam izmantoti dati par barības līdzekļu un piedevu cenām, barības vielu patēriņu un izmaksām 1 kg dzīvmasas pieaugumam (6. tabula).

Izmēģinājuma grupas teļiem izlietotā piedeva

5. tabula / Table 5

Barības enerģijas un kopproteīna patēriņš 1 kg dzīvmasas pieaugumam eksperimenta laikā
Consumption of feed energy and crude protein for 1 kg live weight gain during the experiment

Rādītāji / Indices	Kontroles grupa / Control group	Izmēģinājuma grupa / Trial group	Balance / Balance + / -	
			naturālie rādītāji / natural indices	%
Iegūts dzīvmasas pieaugums, kg / Live weight gain, kg	66.3	68.4	+2.1	+3.2
Izlietota barība, MJ ME / Consumed feed, MJ ME	2183	2191	+8	+0.37
Kopproteīns, kg / Crude protein, kg	35.698	35.809	+0.111	+0.31
Patērēts 1 kg dzīvmasas pieaugumam, MJ ME / Consumed for 1 kg weight gain, MJ ME	32.9	32.0	-0.9	-2.7
Kopproteīns, g / Crude protein, g	538	523	-15	-2.8

6. tabula / Table 6

1 teļam un 1 kg dzīvmasas pieaugumam izlietotās barības izmaksas
Costs of feed utilized for 1 calf and for 1 kg of live weight gain

Rādītāji / Indices	Kontroles grupa / Control group	Izmēģinājuma grupa / Trial group	Balance / Balance + / -	
			naturālie rādītāji / natural indices	%
Vidēji 1 teļam izēdinātās barības vērtība, LVL / Costs of feed utilized for 1 calf on average, LVL	34.62	34.90	+0.28	+0.8
Iegūta dzīvmasa, kg / Live weight gain, kg	66.3	68.4	+2.1	+3.2
1 kg dzīvmasas ieguvei patērētās barības vērtība, LVL / Costs of feed utilized for 1 kg live weight gain, LVL	0.52	0.51	-0.01	-1.9

"Penergetic-T" ir nedaudz (par LVL 0.21) sadārdzinājusi izēdinātās barības vērtību, bet iegūtais dzīvmasas pieaugums to ir kompensējis. Galarezultātā 1 kg dzīvmasas pieaugumam izmēģinājuma grupas dzīvnieki barību izlietoja par 1.9% ekonomiskāk.

Diskusija

Pētījuma laikā piedeva "Penergetic-T" pozitīvus rezultātus deva barības līdzekļu apēdamībā – 92-94% sienam un 98-99% koncentrātiem. Kaut arī šajā ziņā izmēģinājuma grupas dzīvniekiem atšķirība no kontroles grupas dzīvniekiem nebija būtiska, tomēr tā var liecināt

par labāku ēstgribu izmēģinājuma grupas teļiem, kuri saņēma lopbarības piedevu "Penergetic - T".

Pētījuma noslēgumā starpība starp izmēģinājuma un kontroles grupas dzīvniekiem sasniedza 25 g vidējā dzīvmasas diennakts pieaugumā, kas bija 3.2% par labu izmēģinājuma grupai ($p < 0.05$).

Viens no svarīgākajiem jebkura barības līdzekļa, lopbarības piedevas, barības sagatavošanas vai apstrādes paņēmiena, ēdināšanas režīma vai turēšanas tehnoloģijas efektivitātes rādītājiem ir barības vielu izmantošanas pakāpe dzīvnieka produkcijas veidošanai. Šajā eksperimentā kā barības vielu izmantošanas efekti-

vitātes rādītāji izmantoti barības enerģijas (MJ maiņas enerģijas) un kopproteīna izlietojums kilograma dzīvmasas pieaugumam. Pētījumu rezultāti apstiprina jau iepriekš novēroto tendenci izmēģinājuma grupas dzīvniekiem intensīvāk augt, pilnīgāk izmantojot tos pašus barības līdzekļus un barības vielu resursus, ko saņēma viņu analogi kontroles grupā.

Secinājumi

Izdarot eksperimentu ar 6-18 nedēļas veciem LB šķirnes teļiem, lai pārbaudītu lopbarības piedevas "Penergetic-T" izēdināšanas efektivitāti, konstatēts, ka kopā ar spēkbarību izēdinātā piedeva – 1.0 g un 2.0 g diennaktī – ir devusi šādus rezultātus:

- teļiem nedaudz uzlabojās ēstgriba, kā rezultātā palielinājās barības apēdamība. Uzskaites perioda 84 dienās katrs izmēģinājuma grupas dzīvnieks apēda barību vidēji par 8 MJ ME vairāk nekā kontroles grupas dzīvnieki;
- izmēģinājuma grupas dzīvnieki auga straujāk un to vidējais dzīvmasas pieaugums eksperimenta laikā pārsniedza kontroles grupas teļu vidējo dzīvmasas pieaugumu par 25 g diennaktī (814 g / 789 g);
- pārbaudāmo lopbarības piedevu saņēmušie teļi

pilnīgāk izmantoja barības vielas un 1 kg dzīvmasas pieaugumam izlietoja 32.0 MJ ME un 523 g kopproteīna, kas bija attiecīgi par 0.9 MJ un 15 g kopproteīna mazāk nekā viņu analogiem kontroles grupā.

Ievērojot izmēģinājuma grupas dzīvnieku augstākos dzīvmasas pieauguma rādītājus un uzņemto barības vielu pilnīgāku izmantošanos, izmēģinājuma grupas teļi 1 kg dzīvmasas pieaugumam patērēja barību LVL 0.51 vērtībā, kas bija nedaudz mazāk nekā kontroles grupas dzīvniekiem (LVL 0.52).

Literatūra

1. Bronzino, J.D. (1995) Principles of Electroencephalography. In: *The Biomedical Engineering Handbook*, J.D. Bronzino (ed.). CRC Press, Florida, pp. 201-212.
2. Venslauskas, M.S., Saulis, G. (1991) The Asymmetrical Electroporation of the Cells. *Intercellular Communication*. Manchester University Press, Manchester, pp. 175-184.
3. Venslauskas, M.S., Saulis, G. (1995) Cell Electroporation. Part 1. Theoretical simulation of the Process of Pore Formation in the cell. *Bioelectro Chemistry and Bioenergetics*, 32:221-235.

Lopbarības faktors piena pašizmaksā Feed Factor in the Production Cost of Milk

Jānis Latvietis

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

Juris Priekulis

LLU Lauksaimniecības tehnikas institūts, e-pasts: Juris.Priekulis@llu.lv
Institute of Agricultural Machinery, LLU, e-mail: Juris.Priekulis@llu.lv

Abstract. Milk production costs are largely influenced by forage that constitutes 35-40% in the cost price structure. The dynamics of the main animal feed means fed to cows and the positions of production costs over the last 10 years has been analyzed. During this period, all animal feed means have increased in cost on average 1.6 times. Expenditure for silage and pasture grass has increased most rapidly – 4 to 5 times, and that for mixed concentrate feed and mineral supplements – 2 times. The rise in the cost of home-produced feed is mainly due to expenses in forage production processes that are connected with use of mechanisms and energetic resources – combining, grain cleaning and drying, baling of straw, making of silage bales, broadcasting of mineral fertilizers, and tilling of soil. Mineral fertilizers, plant protection means, preservatives, airtight material for covering, and seed material have become more expensive. Suggestions are made about searching for and introduction of new energy saving technologies employed in field crop breeding and production of forage, about choosing forage crops most suitable for a particular farm and about ways of increasing crop productivity, as well as about rational use of feed when managing wholesome feeding of cows.

Key words: production costs of milk, feedstuffs price, positions of production costs.

Ievads

Latvijā piensaimniecība vienmēr ir bijusi viena no vadošajām lopkopības nozarēm, taču pēc agrārās reformas pārkārtojumiem lauksaimnieciskajā ražošanā ir notikušas lielas pārmaiņas, kas ir skārušas arī lopkopību. Izjūkot sociālistiskajām lielsaimniecībām, govslopi no slaucamo govju un jaunlopu nobarošanas kompleksiem tika pārvietoti uz nelielām zemnieku fermām. Šajā procesā lielu daļu dzīvnieku izbrākēja un nodeva gaļas kombinātiem. Tādēļ slaucamo govju skaits 2004. gadā salīdzinājumā ar 1990. gadu bija samazinājies no 535 tūkst. līdz 185 tūkst., t.i., par 65% [1]. Savukārt vidējais izslaukums no govīm pēdējos 10 gados ir palielinājies gandrīz pusotras reizes un 2004. gadā sasniedza 4251 kg. Tomēr tas nespēj segt piena ražošanas sašaurināšanos sakarā ar govju skaita samazinājumu, un piena gada kopieguve valstī ir kritusies no 948 tūkst. tonnām 1995. gadā līdz 782 tūkst. tonnām 2004. gadā, t.i., par 166 tūkst. tonnu jeb 17%. Salīdzinājumam Igaunijā, kur lauksaimnieciskajā ražošanā ir notikuši līdzīgi pārkārtojumi, piena ražošanas samazinājums šajā periodā ir krietni mazāks – tikai par 8%, bet Lietuvas zemnieki tajā pašā laikā un tādos pašos apstākļos spējuši piena kopieguvi pat palielināt par 30 tūkst. tonnām gadā jeb 2% [1].

Viens no nozīmīgākajiem piena lopkopības sašaurināšanās iemesliem mūsu valstī ir piena ražošanas neizdevīgums sīkajās fermās ar 1–10 govīm, kurās pašlaik vēl ir izvietota slaucamo govju pamatmasa – aptuveni 60% no kopējā valstī esošā govju daudzuma [2]. Šādās fermās – ar novecojušu tehnoloģiju un augstu

roku darba īpatsvaru – ir lielas piena ražošanas izmaksas. Turklāt piena iepirkuma cenas līdz pat 2003. gadam bija zemas – ap 9 sant. par kilogramu, kas dažkārt pat nesedza ražošanas izdevumus. Tikai pēc Latvijas iestāšanās Eiropas Savienībā, pēdējo divu trīs gadu laikā, piena iepirkuma cenas ir palielinājušās un 2005. gada nogalē sasniedza 165.70 LVL t⁻¹ [3]. Taču šajā laikā ievērojami pieaugušas degvielas, elektroenerģijas un gāzes cenas, kā arī izmaksas lopbarībai un lopkopībā strādājošā personāla algošanai. Tas savukārt palielina piena ražošanas izmaksas.

Šie ekonomiskā rakstura procesi rosina domāt par piena lopkopības rentabilitāti un tās uzlabošanas iespējām, kas arī ir šī pētījuma pamatā.

Pētījuma objekts un metodes

Pētījuma objekti ir slaucamām govīm izēdinātā lopbarība, tās cenas un ražošanas izdevumu posteņi. Pētīta barības līdzekļu izlietojuma un izmaksu dinamika laikā no 1994. gada līdz 2004. gadam, to veicot govju ganāmpulkos ar ekstensīviem un intensīviem turēšanas un ēdināšanas apstākļiem, kuros izslaukumu līmenis ir attiecīgi 3000–4000 kg un 7000–8500 kg piena no govīm gadā. Salīdzināti ražošanas izdevumi izplatītajiem barības līdzekļiem, kurus lieto govju ēdināšanā: ganību zālei, skābarībai, sienam un miežu graudiem, kā arī izzinātas šo rādītāju izmaiņas pēdējo 6–10 gadu laikā.

Pētījumā lietotas analīzes un sintēzes mijiedarbības metodes atsevišķu datu izvērtēšanai, apkopošanai un interpretēšanai, kā arī statistiskās grupēšanas,

ekspertēšanas un citas metodes. Izmantoti Latvijas Republikas Centrālās statistikas pārvaldes (CSP) statistikas dati un Latvijas Lauku konsultāciju un izglītības centra (LLKC) informatīvie materiāli, kā arī Latvijas un citu valstu zinātnieku publikācijas.

Govīm izēdinātās barības daudzums rēķināts pēc LLKC informatīvo materiālu apkopojuma "Bruto seguma aprēķins zemnieku saimniecībai" datiem par laiku no 1994. gada līdz 2004. gadam [4–10].

Barības enerģētiskā vērtība ir izteikta neto enerģijā laktācijai (NEL) un aprēķināta pēc "Futtermittelkunde" datiem [11]. Barības neto enerģijas vajadzība govīm ar dažādu produktivitātes līmeni (3000–8500 kg izslaukuma gadā) ir izskaitļota, pamatojoties uz ASV Nacionālās zinātniskās padomes un Vācijas standartu komisijas ieteikumiem [12, 13], lietojot formulu:

$$NEL(MJ) = P + U + R = 3.17 \cdot Q + 10.828 + 4032, \quad (1)$$

kur

P – enerģija, kas nepieciešama produkcijas veidošanai 600 kg smagai govij, MJ;

U – uzturētā enerģijas vajadzība, MJ;

R – enerģijas vajadzība reprodukcijai (grūsnības produktu veidošanai), MJ;

Q – izslaukums, kg piena gadā.

Analīzē un salīdzinājumos iekļauto barības līdzekļu cenas, kā arī šo barības līdzekļu izaudzēšanas un sagatavošanas izdevumi ir ņemti no LLKC informatīvajos materiālos dotajām cenām. Kombinētās spēkbarības un tās komponentu cenas ir izskaitļotas kā vidējās no piecu lielāko rūpnīcu (Rīgas, Dobeles,

Tukuma, Mūsas un Valmieras) tirgus cenām, bet raušu un spraukumu cenas aprēķinātas kā vidējās no saulgriežu, rapšu un sojas produktu cenām.

Rezultāti un diskusija

Piensaimniecības kā lopkopības nozares izdevīgumu nosaka galvenokārt divi faktori – piena ražošanas izmaksas un tā realizācijas cena. Piena realizācijas cenu pārsvarā nosaka no saimniecības neatkarīgi jeb ārēji apstākļi, bet piena ražošanas izmaksas ir vairāk saistītas ar saimniecības iekšējo darbību un atspoguļo tās racionālas saimniekošanas prasmi.

Atbilstoši šī pētījuma mērķim veicām mums pieejamo statistikas datu un ražošanas pieredzes materiālu analīzi, lai noskaidrotu svarīgākos piena ražošanas izdevumu posteņus un to ietekmējošos faktoros.

Mūsu rīcībā esošie dati liecina, ka jau pirms 30–40 gadiem piena pašizmaksā dominēja izdevumi lopbarībai, kas piena ražošanas izmaksās (vēl 20. gs. 80. gados) veidoja 50–55% no kopējiem izdevumiem [14]. Pēdējā laikā, straujāk sadārdzinoties enerģētiskiem resursiem, tehnikas iegādei un renovācijai, kā arī būvju ekspluatācijai, sāk sašaurināties lopbarības izmaksu īpatsvars piena pašizmaksas struktūrā, un tagad tas ir aptuveni 35–40% no kopējām piena ražošanas izmaksām.

Iepazīstoties ar piena pašizmaksas struktūru 10 saimniecībās, kas izvietotas piecos valsts rajonos un kuru ganāmpulkos vidējais izslaukums bija 3800–6500 kg no govīm gadā, mēs konstatējām, ka izmaksas lopbarībai vidēji bija 38% no kopējās pašizmaksas ar salīdzinoši lielām svārstībām – 25–51%. Turklāt bija

1. tabula / Table 1

Piena pašizmaksas struktūras dinamika Latvijas saimniecībās
The dynamics of milk production cost structure on Latvian farms

Izdevumu posteņi / Positions of costs	1975–1980	2000–2005	Prognozējamais / planned for 2010–2020
Izdevumi mašīnu iegādei un ekspluatācijai / Expenses for purchase and operation of machinery	5	15	20
Izdevumi būvju ekspluatācijai / Expenses for usage of buildings	3	10	5
Izdevumi darba algām / Expenses for salaries	20	10	15
Izdevumi lopbarībai / Expenses for forage	50	40	35
Vispārsaimnieciskās izmaksas / General economic expenses	8	5	5
Citas mainīgās izmaksas, t.sk. veterinārie pakalpojumi / Other variable costs, incl. veterinary service	14	20	20
Kopā / Total	100	100	100

vērojama tendence, ka zemākais lopbarības izdevumu īpatsvars ir ganāmpulkos ar zemākiem izslaukumiem, bet augstākais – ganāmpulkos ar augstākiem izslaukumiem.

Ievērojot šo tendenci, un arī to, ka vidējais izslaukums valstī jau pārsniedz 4300 kg piena no govju gadā, varam pieņemt, ka pašlaik lopbarības izmaksu īpatsvars piena pašizmaksas struktūrā ir tuvs 40 procentiem.

Jārēķinās, ka nākotnē izmaksas varētu palielināties visiem piena pašizmaksas posteņiem, tai skaitā arī lopbarībai. Taču šo izmaksu izmaiņu dinamika varētu būt dažāda. Var prognozēt, ka īpaši strauji pieaugs izmaksas strādājošo darba algām un tehnikas ekspluatācijai. Tādēļ arī lopbarības izmaksu daļa piena pašizmaksas struktūrā nākotnē varētu samazināties līdz 35% vai pat vēl mazāk. Taču arī šāds lopbarības izmaksu īpatsvars ir pietiekami liels, lai to varētu vērtētu kā vienu no noteicošajiem faktoriem piena ražošanas rentabilitātē.

Piena pašizmaksas struktūra un tās prognozējamās izmaiņas ir parādītas 1. tabulā, kur skaitlisko vērtību izmaiņas ir saistītas ne tikai ar enerģētisko resursu cenām, izdevumiem mašīnu un būvju amortizācijai, darba

algām un lopbarībai, bet arī ar govju produktivitātes izmaiņām. Ja, piemēram, 1975.–1980. gadā Latvijā izslaukumi bija vidēji 2900 kg piena no govju gadā, un 2000.–2005. gadā – 4100 kg, tad 2010.–2020. gadā tie varētu pieaugt pat līdz 6000 kg no govju gadā.

Kopš 2000. gada Latvijā ir augusi arī laukaugu ražība, notikušas izmaiņas valdības realizētajā monetārajā, sociālajā un ekonomiskajā politikā, kā arī bijušas vairākas citas izmaiņas, kas neatspoguļojas piena pašizmaksā, bet ir ietekmējušas tās struktūras skaitliskos lielumus.

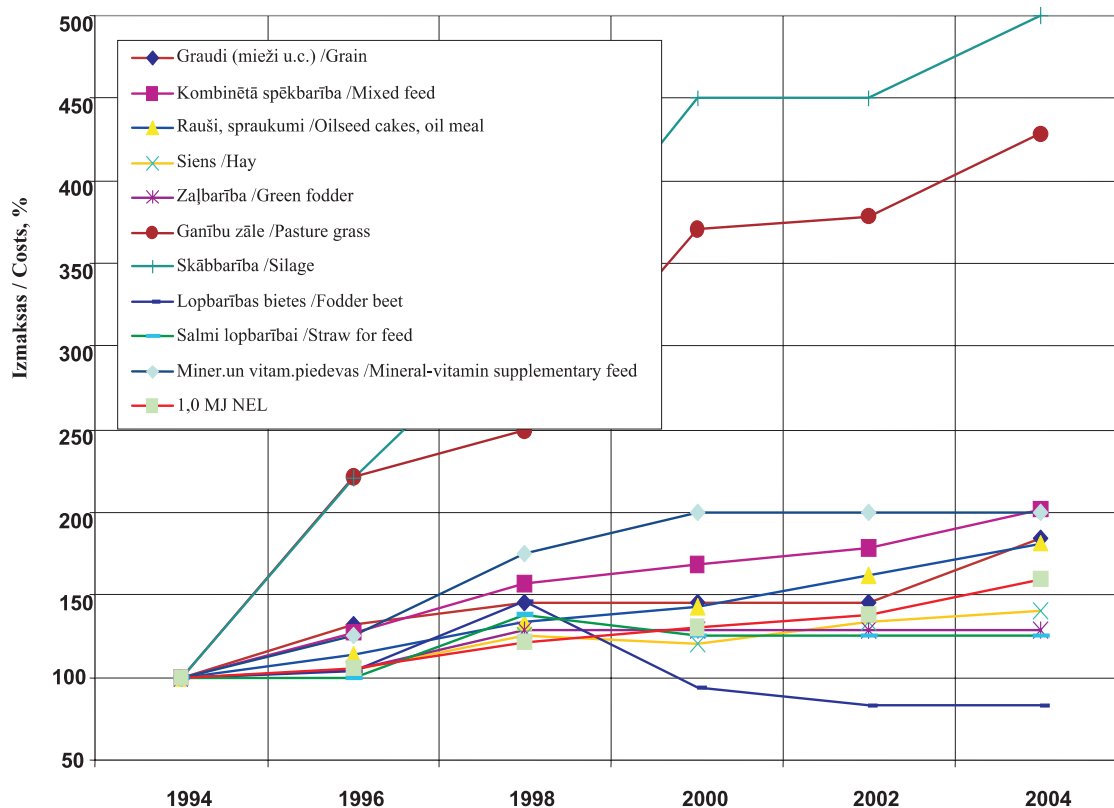
Lai noskaidrotu lopbarības izdevumu struktūru un atsevišķu tās posteņu iespējamo ietekmi uz piena ražošanas ekonomiku, esam izvērtējuši govju ēdināšanā biežāk lietoto barības līdzekļu izmaksas un to izmaiņas pēdējo 6–10 gadu laikā.

LLKC dati par barības līdzekļu izmaksām, lopbarības ražošanas rūpnīcu informācija par kombinētās spēkbarības, raušu un spraukumu cenām un autoru veiktie lopbarības enerģētisko vērtību un tās izmaksu aprēķini ir apkopoti 2. tabulā. Redzams, ka dārgākā ir kombinētā spēkbarība un tās komponentes: minerālu-vitamīnu piedevas, rauši, spraukumi un lopbarības graudi.

2. tabula / Table2

Barības līdzekļu un to enerģijas izmaksas govīm, LVL t⁻¹
Feedstuff and energy costs for cows, LVL t⁻¹

Barības līdzeklis / Feedstuffs	Gads / Year					
	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Graudi (mieži u.c.) / Grain (barley etc.)	38.0	50.0	55.0	55.0	55.0	70.0
Kombinētā spēkbarība / Mixed feed	60.0	76.0	94.0	101.0	107.0	121.0
Rauši, spraukumi / Oilseed cake, oil meal	105.0	120.0	140.0	150.0	170.0	190.0
Siens / Hay	20.0	21.0	25.0	24.0	23.0	28.0
Zaļbarība / Green fodder	4.3	4.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Ganību zāle / Pasture grass	1.4	3.1	3.3	5.0	5.3	6.0
Skābbarība / Silage	2.0	4.4	3.5	9.0	9.0	10.0
Lopbarības bietes / Fodder beet	4.8	5.0		5.0	4.0	4.0
Salmi barībai / Straw for feed	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0
Minerālu un vitamīnu piedeva / Mineral-vitamin supplementary feed	200.0	250.0	350.0	400.0	400.0	400.0
1 MJ NEL, santīmi, vidēji / 1 MJ NEL, santīms on average	0.47	0.50	0.57	0.61	0.65	0.75
t.sk. ekstensīvā ražošanā / incl. in extensive production	—	—	0.53	0.54	0.58	0.64
intensīvā ražošanā / in intensive production	—	—	0.62	0.69	0.71	0.87



1. att. Dažādu barības līdzekļu izmaksu izmaiņas dinamika salīdzinājumā ar 1994. gadu, %.

Fig. 1. The dynamics of changes in costs for various feedstuffs as compared to the year 1994, %.

3. tabula / Table 3

Ražošanas izmaksas (LVL ha⁻¹) ganību zālei (ražība 20-30 t ha⁻¹)
Production costs (LVL ha⁻¹) of pasture grass (yield of 20-30 t ha⁻¹)

Izmaksu veids / Production costs	Gads / Year					
	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Sēkla virsaugam un ganībām / Seed	5.0	6.0	17.5	16.8	18.0	17.6
Mēslojums, herbicīdi / Fertilizers, plant protection means	28.2	56.5	41.6	51.5	53.0	55.5
Minerālmēsļu izkliešana / Application of mineral fertilizers	4.3	7.8	5.1	15.6	17.3	18.8
Planēšana / Levelling	...	...	6.6	7.7	8.1	9.9
Kultivēšana / Cultivation	...	...	4.8	5.6	5.2	6.7
Sēšana / Sowing	1.0	1.7	2.0	2.6	2.6	3.3
Pievelšana / Soil packing	...	...	2.3	2.7	2.9	4.2
Zāles apļaušana / Mowing of grass	5.8	9.0	17.0	34.1	36.5	45.8
Ecēšana / Harrowing	...	...	5.1	5.8	5.7	9.2
Šķīvošana, lobīšana / Stubble-ploughing	1.5	2.4	3.0	3.4	3.5	4.3
Aršana / Ploughing	2.7	3.8	4.5	5.1	5.4	6.2
Raža, vidēji, t ha ⁻¹ / Yield on average, t ha ⁻¹	18.0	20.0	23.0	28.0	30.0	30.0

Savukārt lētākā ir zaļbarība un ganību zāle, kā arī salmi. Pēc šiem datiem lētas ir arī lopbarības bietes, kuru cena nav īpaši mainījies kopš 1994. gada. Taču biešu audzēšana ir salīdzinoši darbietilpīga, un tādēļ tās parasti tiek aizstātas ar citiem barības līdzekļiem.

Uzskatāmāku informāciju par lopbarības izmaksu izmaiņām pēdējo 10 gadu laikā var iegūt 1. attēlā. Attēlā apkopotie dati apstiprina praksē novēroto negatīvo tendenci sadārdzināties visiem barības līdzekļiem. Īpaši tā izpaužas ganību zāles un skābbarības izmaksās, kuras kopš 1994. gada ir palielinājušās attiecīgi 4.3 un 5 reizes. Jūtami sadārdzinājušies (ap 2 reizēm) arī govīm izēdinātā kombinētā spēkbarība un minerālpiedevas. Savukārt siena un graudu (miežu u.c.) izmaksas palielinājušās 1.4–1.8 reizes.

Kopumā iepriekš aprakstīto situāciju raksturo lopbarības enerģētiskās vērtības (neto enerģija laktācijai – NEL) sadārdzināšanās. Viena megadžoula (MJ) NEL izmaksas palielinājušās no 0.47 santīmiem 1994. gadā

līdz 0.75 santīmiem 2004. gadā, t.i., 1.6 reizes. Tajā skaitā 2004. gadā ekstensīvas ražošanas apstākļos (govīm ar izslaukumu 3000–4000 kg) 1 MJ NEL izmaksājis 0.64 santīmus, bet intensīvas ražošanas apstākļos (izslaukums 7000–8500 kg) – 0.87 santīmus. Salīdzinot ekstensīvās un intensīvās ražošanas apstākļos turētās un ēdinātās govīs, redzams, ka barības enerģētiskās vērtības izmaksu rādītāji augstāki ir intensīvajā variantā. Tas izskaidrojams ar faktu, ka šim variantam izvēlēto govju (ar divkārt augstāku izslaukumu nekā ekstensīvajā variantā) barībā bija salīdzinoši lielāks dārgo koncentrātu (rauši, spraukumi, graudu barība, vitamīni un minerālpremiksi, kombinētā spēkbarība) īpatsvars.

Lopbarības izmaksu analīzei izvēlējamies ganību zāli, sienu, skābbarību un miežu graudus. Salīdzinājam mainīgo ražošanas izmaksu, kā arī mašīnu, roku darba un citu pakalpojumu cenas. Tāpat salīdzinājam arī kopējos ražošanas izdevumus un to izmaiņu dinamiku laikā no 1994. (vai 1998.) gada līdz 2004. gadam. Šie dati

4. tabula / Table 4

Ražošanas izmaksas (LVL ha⁻¹) sienam (ražā 3.7–5.8 t ha⁻¹)
Production costs (LVL ha⁻¹) of hay (yield of 3.7–5.8 t ha⁻¹)

Izmaksu veids / Production costs	Gads / Year					
	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Sēkla / Seed	6.7	6.7	16.0	15.0	11.3	10.8
Mēslojums / Fertilizers	15.8	35.3	...	41.0	43.3	41.2
Minerālmēsļu izkliedēšana / Application of mineral fertilizers	4.3	7.8	5.1	5.2	5.8	6.3
Planēšana / Levelling	...	...	3.3	3.9	4.1	4.9
Kultivēšana / Cultivation	...	...	4.8	5.6	5.2	6.7
Sēšana / Sowing	1.4	2.3	2.0	2.6	2.6	3.3
Pievelšana / Soil packing	...	...	2.3	2.7	2.9	4.2
Zāles pļaušana / Mowing of grass	11.6	15.0	10.3	12.1	12.2	15.3
Siena vālošana, irdināšana / Windrowing, tedding of hay	15.5	19.0	13.1	13.6	15.7	19.4
Siena savākšana / Hay harvesting	11.7	8.7	15.7*	19.3	10.3	11.9
Siena novietošana šķūnī / Placing in a barn	11.2	...	5.0	5.0	5.0	5.0
Ecēšana / Harrowing	...	...	5.1	5.5	5.7	9.2
Šķīvošana, lobīšana / Discing, stubble-ploughing	2.0	3.2	3.0	3.4	3.5	4.3
Aršana / Ploughing	3.6	5.1	4.5	5.1	5.4	6.2
Raža, vidēji, t ha ⁻¹ Yield on average, t ha ⁻¹	3.5	3.7	4.7	5.8	5.8	5.8

* 1999. gada dati / Data of 1999

apkopoti no 3. līdz 6. tabulai, kā arī 2. attēlā. Tabulās uzrādīta arī attiecīgās lopbarības kultūras vidējā raža, pēc kuras izskaitļotas izmaksas. Daudzpunkti (...) tabulu ailēs apzīmē izdevumu posteņi, par kuru nav attiecīgu datu.

Kā redzams 3. tabulā, ganību ierīkošanā un izmantošanā lielākie izdevumi ir saistīti ar mēslojuma un herbicīdu iegādi, kā arī zāles applaušanu. Straujākais sadārdzinājums noticis zāles applaušanas un minerālmēslu izkliedēšanas darbiem – attiecīgi 7.9 un 4.4 reizes. Salīdzinot ar 1994. gadu, jūtami sadārdzinājusies arī sēklas un mēslojuma iegāde, sēšana, ecēšana, šķīvošana un aršana (2 līdz 3.5 reizes). Tas ir saistīts gan ar pirkto preču cenu pieaugumu, gan arī ar degvielas un citu energoresursu sadārdzināšanos. Diemžēl saimniecību iekšējā darbība nevar šos izdevumus būtiski ietekmēt, bet tas neizslēdz jaunu un racionālu tehnoloģiju ieviešanas iespējas ganību ierīkošanā, kopšanā un izmantošanā.

Siena ražošanas izmaksās (skat. 4. tabulu) lielāko daļu veido izdevumi mēslojumam. Lai iegūtu augstākas siena ražas, saimniecības cenšas paredzētās platības mēsnot bagātīgāk, nekā to ir darījušas agrāk. Tāpēc arī izdevumi zālāju mēslošanai ieņem pirmo vietu starp pārējiem izdevumu posteņiem un pēdējos 10 gados ir palielinājušies 2.6 reizes. Otro nozīmīgāko vietu izdevumu posteņos ieņem darbi, kas saistīti ar tehnikas izmantošanu. Tie ir zāles pļaušana, siena ārdīšana un vālošana, kā arī ecēšana. Gandrīz visiem šiem darbiem ir bijis arī salīdzinoši liels (1.3–1.8 reizes) sadārdzinājums. Neskatoties uz to, ka siena gatavošana ir darbietilpīga un būtiski atkarīga no meteoroloģiskajiem apstākļiem, arī tai ir vēl plašas ražošanas tehnoloģijas pilnveides iespējas.

Skābbarības kultūru – zāles un kukurūzas – izaudzēšanā, novākšanā un konservēšanā galveno izdevumu daļu aizņem zaļmasas pļaušana kopā ar smalcināšanu vai ritulēšanu un transportdarbi, kas veido gandrīz pusi no izdevumiem. Kaut arī LLKC dati par 1998. gadu šajā izdevumu postenī varētu būt apšaubāmi un precizējami, tomēr nenoliedzami, ka tieši šajā skābbarības gatavošanas posmā ir meklējamas nopietnākas rezerves lopbarības ražošanas izdevumu tālākai samazināšanai. Šāda nepieciešamība izriet arī no 2. tabulas un 1. attēla, kur redzams, ka sadārdzināšanās ziņā skābbarība ieņem pirmo vietu starp pārējiem lopbarības veidiem.

Skābbarības ražošanas visos izdevumu posteņos (5. tabula), izņemot sēklas iegādi, pēdējo 6 gadu laikā ir noticis pieaugums 1.3–1.8 reizes, bet hermetizācijai nepieciešamā segmateriāla un konservantu iegādei pat – 2.8 reizes. Šie izdevumi liek domāt gan par skābbarības kultūru izvēli, gan par saimniecības apstākļiem piemērotākas, tai skaitā arī energotaupošas un lētas, skābbarības gatavošanas tehnoloģijas izmantošanu.

Līdz ar govju produktivitātes paaugstināšanos

graudu lopbarība – mieži, rudzi, kvieši u.c. – ieņem aizvien nozīmīgāku lomu. Tas tādēļ, ka augstākajām govīm barības devas struktūrā ir nepieciešams lielāks spēkbarības īpatsvars, bet graudu lopbarība, īpaši mieži, šajā ziņā ir noderīgi kā ar enerģiju bagāts un garšīgs barības līdzeklis. Turklāt graudi ir arī viens no galvenajiem komponentiem kombinētās spēkbarības sastāvā. Tāpēc saprotams, ka graudu ražošanas izmaksas vai to iepirkuma cenas lielā mērā nosaka arī kopējos lopbarības izdevumus un būtiski ietekmē piena pašizmaksu.

Diemžēl līdz ar pārējo barības līdzekļu sadārdzināšanos, pēdējo desmit gadu laikā graudi kļuvuši gandrīz divkārt dārgāki (2. tabula). No 6. tabulas datiem var secināt, ka minēto sadārdzināšanos visvairāk izraisījuši izdevumi graudu novākšanai (ar kombainu) un transportēšanai (sadārdzinājums vidēji 2 reizes), bet it sevišķi graudu tīrīšanai un kaltēšanai, kur izdevumu apjoms palielinājies gandrīz pieckārtīgi. Lielu daļu no kopējo izdevumu pieauguma veido arī izdevumi mēslošanas līdzekļiem un tādiem energoietilpīgiem darbiem kā salmu presēšana, augsnes kultivēšana, šķīvošana, aršana un minerālmēslu izkliedēšana.

Graudu ražošanas izdevumus būtiski ietekmē degvielas, elektroenerģijas, gāzes un minerālmēslu cenas, kuras saimniecībām nav iespējams mainīt. Tomēr lauksaimniecības speciālistu rokās ir citas iespējas, ar kurām var samazināt ražošanas izdevumus: zināšanas, pašu un citu saimniecību, kā arī citu valstu pieredze, selekcionāru sasniegumi un praktiskais devums. Šo faktoru ievērošana ļautu iegūt krietni augstākas ražas – 6–7 un vairāk tonnu graudu no hektāra, kas samazinātu lopbarības ražošanai attiecinātos izdevumus.

Kā redzams 2. attēlā, lopbarības ražošanā salīdzinoši lielās izmaksas (līdz 40%) ir saistītas arī ar sēklu, mēslojuma, herbicīdu, konservantu un skābbarības hermetizēšanai nepieciešamās plēves iegādi. Tāpat lielas izmaksas ir nepieciešamas barības līdzekļu novākšanai un kondicionēšanai. Piemēram, lopbarības graudiem tā ir graudu kuļšana, salmu presēšana, tīrīšana, kaltēšana un transportdarbi, kas veido 45.2% no kopējām izmaksām, un tikai nedaudz mazākas tās ir rituļos sagatavotajai skābbarībai – 44.7% (ietver zāles pļauju, tās smalcināšanu vai rituļu sagatavošanu).

No izdarītās analīzes materiāliem ir iespējams provizoriski iezīmēt pasākumus, kas veicami situācijas uzlabošanai. Tiem pamatā jāvirzās uz ražošanas līdzekļu ekonomiju.

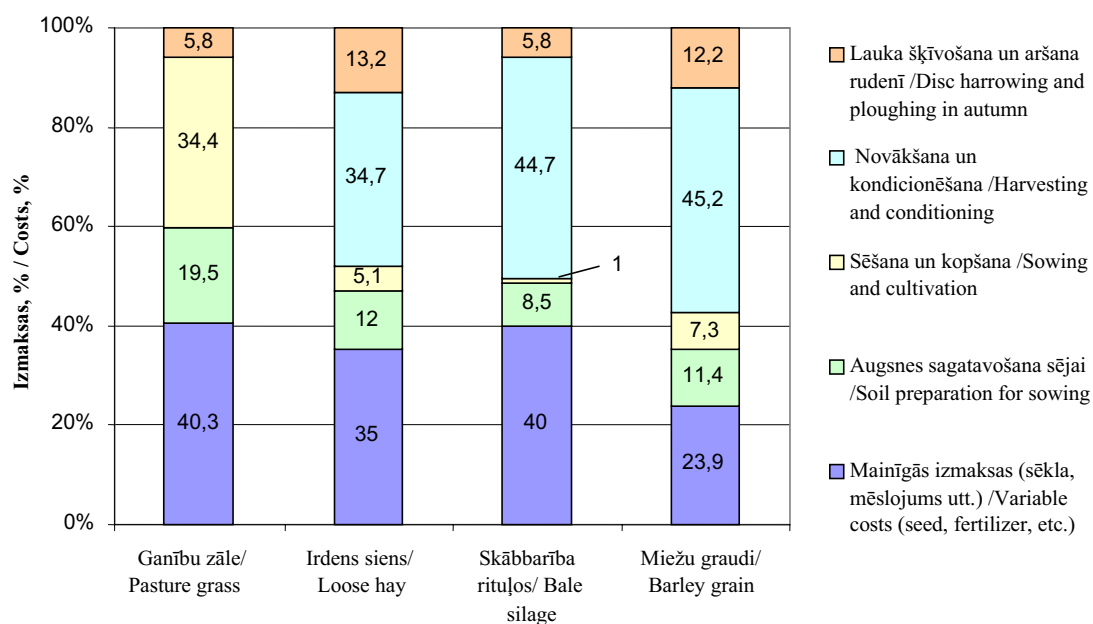
Šeit jāatšķir izdevumi, kas nav atkarīgi no saimniecības ražošanas procesu organizācijas, piemēram, degvielas un citu energoresursu, kā arī minerālmēslu cenas un valstī pastāvošajām kopējām darba algu palielināšanas tendencēm. Tādēļ tie jāpieņem kā objektīvi, vispārekononiski faktori un tiem ir jāpieļāgojas.

Savukārt saimniecības speciālistu rokās ir iespējas

Vidējās ražošanas izmaksas (LVL ha⁻¹) skābbarībai, kas gatavota rituļos un stīrpās (zāles raža 20–30 t zaļmasas no ha)
Production costs (on average, LVL ha⁻¹) of silage (yield of 20–30 t of greenmass per ha)

Izmaksu veids / Production costs	Gads / Year			
	1998	2000	2002	2004
Sēkla / Seed	16.0	15.0	11.3	10.8
Mēslojums / Fertilizers	32.7	18.4*	34.5	36.5
Plēve, konservants / Airtight covering, conservant	30.4	64.4	74.7	84.4
Minerālmēsļu izkliešana / Application of mineral fertilizers	7.7	10.4	11.5	12.6
Planēšana / Levelling	6.6	7.7	8.1	9.9
Kultivēšana / Cultivation	2.5*	2.8	2.6	3.3
Pievelšana / Soil packing	1.3*	1.4	1.5	2.1
Sēšana / Sowing	2.0	2.6	2.6	3.3
Zāles pļaušana, transports, ieskābēšana / Mowing, transportation, ensilaging of grass	91.3*	105.3	143.5	147.1
Ecēšana / Harrowing	5.1	5.8	5.7	9.2
Šķīvošana, lobīšana / Stubble-ploughing	3.0	3.4	3.5	4.3
Aršana / Ploughing	4.5	5.1	5.4	6.2
Ražība, vidēji, t ha ⁻¹ Yield on average, t ha ⁻¹	20.0	25.0	30.0	30.0

* 1999. gada dati / Data of 1999



2. att. Lopbarības ražošanas izmaksu struktūra 2004. gadā, %.

Fig. 2. The structure of forage production costs in 2004, %.

**Ražošanas izmaksas (LVL ha⁻¹) miežu graudiem
(vidējās no ekstensīvas (2.0 t ha⁻¹) un intensīvas (5.0 t ha⁻¹) audzēšanas tehnoloģijas)
Production costs (LVL ha⁻¹) of barley grain (yield of grain 2.0–5.0 t ha⁻¹)**

Izmaksu veids / Production costs	Gads / Year					
	1994	1996	1998	2000	2002	2004
Sēkla / Seed	19.8	19.8	17.1	22.0	24.2	32.3
Mēslojums / Fertilizers	17.2	30.2	36.6*	34.8	39.0	50.1
Augu aizsardzības līdzekļi / Plant protection means	7.6	5.8	9.8*	9.6	11.9	17.4
Minerālmēsļu izkliešana / Application of mineral fertilizers	4.3	5.1	5.1	10.4	11.5	12.5
Kultivēšana / Cultivation	9.3	15.1	19.0	22.4	20.7	26.7
Sēšana / Sowing	4.1	6.7	7.9	10.2	9.9	13.1
Miglošana, smidzināšana / Spraying	3.8	5.6	6.7	6.7	7.7	12.2
Graudu kulšana / Threshing	15.1	21.6	24.2	26.9	26.1	29.9
Salmu presēšana, savākšana piekabē / Straw baling	6.3	5.2	12.8	13.9	14.5	23.0
Graudu tīrīšana / Cleaning of grain	} 19.1	} 22.9	15.1	16.3	14.1	15.9
Graudu kaltēšana / Grain drying			28.1	31.5	5.7	77.2
Graudu transports / Transportation of grain	4.0	8.0	5.0	4.2	4.2	9.5
Šķīvošana, lobīšana / Stubble-ploughing	5.8	9.4	11.9	13.6	13.8	17.1
Aršana / Ploughing	10.6	15.0	18.9	20.3	21.4	24.9
Ražība, vidēji, t ha ⁻¹ Yield on average, t ha ⁻¹	2.0	3.0	3.3	3.5	3.7	3.8

* 1999. gada dati / Data of 1999

meklēt un ieviest jaunas enerģiju taupošas tehnoloģijas laukaugu kultūru audzēšanā un siena, skābbarības un citu lopbarības veidu gatavošanā. Tas pats sakāms par lētāku, ražīgāku un katras saimniecības agroekoloģiskajiem apstākļiem piemērotāku lopbarības kultūru izvēli, pievēršot lielāku uzmanību tauriņziežu kā lēta proteīna avota izmantošanai.

Ražošanas izmaksu ekonomijā lielas rezerves ir racionālai lopbarības izlietošanai. Pilnvērtīga govju ēdināšana, kas sabalansēta pēc barības vielām, izslaukuma, laktācijas fāzes un dzīvnieku fizioloģiskā stāvokļa, ļauj likvidēt vai vismaz samazināt līdz šim pieļauto barības pārtēriņu. Pēc LLKC datiem un mūsu aprēķiniem, govīm ar vidējo izslaukumu 3000–8500 kg izēdinātās barības daudzums pēdējos gados regulāri par 4000–7000 MJ NEL jeb 15–20% ir pārsniedzis zootehniskajos normatīvos paredzēto. Naudas izteik-

smē tas rada zaudējumus vidēji par LVL 36, rēķinot uz govi gadā, vai 6.5 miljonus latu visam valstī esošajam slaucamo govju ganāmpulkam.

Secinājumi

1. Piena pašizmaksas struktūrā lielāko īpatsvaru – 35–40% – veido izdevumi lopbarībai, turklāt to notei-
cošā loma saglabājas arī pie pašreiz notiekošā energo-
resursu sadārdzinājuma un darba algu palielinājuma.

2. Pēdējo 6–10 gadu laikā palielinājušās gandrīz visu barības līdzekļu ražošanas izmaksas, it īpaši skābbarības (5 reizes) un ganību zāles (4.3 reizes).

3. Saimniecībās izaudzēto un sagatavoto barības līdzekļu sadārdzināšanos visvairāk ietekmējuši izde-
vumi ražošanas procesiem, kas saistīti ar tehnikas un enerģētisko resursu izmantošanu, piemēram, izdevumi ganību zāles applaušanai no 1994. līdz 2004. gadam palielinājušies 7.9 reizes, minerālmēsļu izkliešanai –

4.4 reizes, bet graudu tīrīšanai un kaltēšanai – 4.9 reizes. Pusotras līdz trīs reizes dārgāki kļuvuši minerālmēsli, konservanti, augu aizsardzības līdzekļi un skābbarības hermetizācijai lietotie segmateriāli.

4. Lai ekonomētu izdevumus lopbarībai, nepieciešams ieviest jaunas enerģiju taupošas tehnoloģijas, izvēlēties katras saimniecības apstākļiem piemērotākās lopbarības kultūras, it īpaši tauriņziežus – kā lētu proteīna avotu, un paaugstināt to ražu, kā arī rūpēties par lopbarības racionālu izmantošanu.

Literatūra

1. Statistikas rādītāji: darba samaksa, cenu indeksi, lauksaimniecība, iedzīvotāji, finanses: <http://www.csb.gov.lv/Statr/rad/> – *Statistikas rādītāji: lauksaimniecības produkcijas iepirkuma cenas, Lauksaimniecības produkcijas iepirkuma cenu indeksi, galveno lopkopības produktu ražošana*: <http://data.csb.lv/pxweb2004/Dialog/Saveshov.asp/> – Resurss aprakstīts 2006. gada 5. martā.
2. Lauku saimniecības Latvijā 2004. gadā. (2005) *Statistisko datu krājums*. LR Centrālā statistikas pārvalde, Rīga, 36 lpp.
3. *Latvijas piena tirgus apskats*. (2005) Agropols, 4. lpp.

4. *Bruto seguma aprēķins zemnieku saimniecībai*. (1995) LLKC, Ozolnieki, 32 lpp.
5. *Bruto seguma aprēķins zemnieku saimniecībai*. (1997) LLKC, Ozolnieki, 28 lpp.
6. *Bruto seguma aprēķins zemnieku saimniecībai*. (1998) LLKC, Ozolnieki, 55 lpp.
7. *Bruto seguma aprēķins zemnieku saimniecībai*. (2000) LLKC, Ozolnieki, 58 lpp.
8. *Bruto seguma aprēķins zemnieku saimniecībai*. (2001) LLKC, Ozolnieki, 58 lpp.
9. *Bruto seguma aprēķins zemnieku saimniecībai*. (2003) LLKC, Ozolnieki, 60 lpp.
10. *Bruto seguma aprēķins zemnieku saimniecībai*. (2005) LLKC, Ozolnieki, 75 lpp.
11. Jeroch, H., Flachowsky, G., Weissbach, F. (1993) *Futtermittelkunde*. Jena–Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 510 S.
12. *Nutrient requirements for dairy cattle*. (1988) Washington: National Academy Press, 157 pp.
13. Budnik, A., Funk, M., Hack, W. (1991) *Datensammlung für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft*, 12. Auflage. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag GmbH, 152 S.
14. Antoņēvičs, A., Miķēns, J. (1982) *Piena ražošanas ekonomiskās problēmas*. R.: Latvijas PSR Zinību biedrība, 66 lpp.

Pētījumi par barības uzņemšanu regulējošo peptīdu un apoptozes izplatību klīniski veselu govju hipotalamā

Investigations on Feed Intake Regulating Neuropeptides and Apoptosis Prevalence in Healthy Cows' Hypothalamus

Māra Pilmane

Anatomijas un Antropoloģijas institūts, Rīgas Stradiņa Universitāte, e-pasts: pilmane@latnet.lv

Institute of Anatomy and Anthropology, Riga Stradins University, e-mail: pilmane@latnet.lv

Inese Zītare, Aleksandrs Jemeljanovs

LLU Biotehnoloģijas un veterinārmedicīnas zinātniskais centrs "Sigra", e-pasts: sigra@lis.lv

Research Institute of Biotechnology and Veterinary Medicine "Sigra", LLU, e-mail: sigra@lis.lv

Abstract. The feed intake regulating neuropeptides and hormones mainly locate in the central nervous system – in the hypothalamus. Still unclear is appearance of these factors and their correlation with programmed cell death – apoptosis regulating cellular balance in healthy animals. Thus, relative appearance of dynorphin, ACTH-, NPY-, and galanin-containing cells together with apoptosis were investigated by immunohistochemistry and TUNEL method in twelve 4-6 years old healthy, lactating cows. Results revealed few to moderate number of dynorphin-, NPY-, and galanin-containing cells, but moderate number to numerous ACTH-containing cells in hypothalamic nuclei. Additionally, apoptosis affected numerous cells in all locations – grey and white matter of brain, endothelial cells of blood vessels, and nuclei in hypothalamus. The research results suggest a relatively scarce appearance of part of feed intake neuropeptides like dynorphin, NPY and galanin, but rich distribution of ACTH in hypothalamic nuclei on the basis of abundant apoptosis in all structures of brain in healthy cows. These processes characterize the hypothalamus of animals between feed intakes and seem not to correlate with each other.

Key words: feed intake regulating neuropeptides, apoptosis, hypothalamus, cows.

Ievads

Barības uzņemšana produktīviem dzīvniekiem ir svarīgs process dzīvības funkciju, veselības un produktivitātes nodrošināšanā. Pēdējo 10 gadu pētījumi pierādījuši centrālās nervu sistēmas regulējošo nozīmi barības uzņemšanas kontrolē un ar to saistītās vielu maiņas piemērošanās mehānismā (Kalra et al., 1999; Schwartz et al., 2000). Hipotalams ir centrālās nervu sistēmas daļa, kas caur dažādiem smadzeņu rajoniem maina apetīti, nodrošina neirālo un humorālo impulsu integrāciju, koordinējot barības uzņemšanu un ar to saistīto atbildes reakciju – organismā ražotās enerģijas daudzumu (Kalra et al., 1999). Tādējādi augsti specializētas neironu subpopulācijas hipotalama kodolos iesaistītas barības uzņemšanā un enerģijas uzkrāšanā (Williams et al., 2001). Tās nodrošina centrālās un perifērās vielu maiņas signālu integrāciju.

Govs hipotalams atrodas smadzeņu pamatnē trešā ventrikula ventrālajā daļā. Tas atrodas uz spārnkaula (*Os sphenoidale*) smadzeņu virsmas, un tā redzes nerva krustojums (*Chiasma opticum*) guļ redzes nerva krustojuma rievā (*Sulcus chiasmatis*). Tieši blakus apvidum zem redzes uzkalna hipofīzes bedrē (*Fossa hypophysialis*) atrodas hipofīze. Lokveidā izvietoti kodoli atrodas hipotalama bazālajā daļā un ir daļēji izolēti no vispārējās asins cirkulācijas ar hema-

toencefalītisko barjeru, kas nodrošina cirkulējošo faktoru tiešu pieeju pašiem neironiem. Hipotalamam ir izšķiroša nozīme īslaicīgo un ilglaicīgo signālu saņemšanā un integrācijā. Galvenās lokveida neironu populācijas, kas regulē barības uzņemšanu, ir: apetīti nomācošie proopiomelanokortīnu saturošie neironi un apetīti stimulējošie Y neiropeptīdu saturošie neironi (Williams et al., 2001).

Atklāts, ka informāciju par ķermeņa enerģijas avotiem un endokrīno statusu apvieno ilglaicīgie signāli. Īslaicīgie signāli, kas aptver perifēros zarnu hormonu un centrālos neironu signālus no augstākiem smadzeņu centriem, regulē maltītes sākšanu un ilgumu. Abus signālus pārvada simpātiskie nervi, patērējot enerģiju, noārdot taukaudus un ietekmējot dažādu hipofīzes hormonu sekrēciju (Schwartz et al., 2000; Ellacott and Cone, 2004).

Atsevišķo neiropeptīdu anatomiskā lokalizācija, mijiedarbība un tās specifiskums visvairāk pētīti grauzēju, kā arī cilvēku, smadzenēs. Reti pētījumi vēltīti aitai un citu atgremotāju centrālajiem sāta neiropeptīdiem un to lomai barības uzņemšanā (Ingvarsen and Boisclair, 2001; Sunagawa et al., 2001).

Mūsu darba mērķis bija pētīt veselu govju hipotalama neironu morfoloģiskās pārmaiņas un atsevišķu sāta regulējošo neiropeptīdu ekspresiju, kā arī noskaidrot šo procesu iespējamo saistību.

Materiāls un metodika

Veselu govju smadzeņu hipotalama rajons tika pētīts 4-6 gadus veciem 12 dzīvniekiem.

Audi tika ņemti no smadzeņu pamatnes daļas tūlīt pēc dzīvnieku nokaušanas, veicot griezienus hipotalama rajonā. Paraugus diennakti fiksēja maisījumā, kas sastāvēja no 2% formaldehīda un 0.2% pikrīnskābes 0.1 M fosfātbuferī (pH 7.2). Pēc tam audu gabaliņus 12 stundas skaloja tiroīdbuferī, kurā bija 10% saharozes, ielēdza parafinā un mikrotomā sagrieza 5 µm biezumā.

Ar netiešo imunofluorescences metodi, lietojot galanīna antivielu (B49-100, 1:10, Peninsula, ASV), adrenokortikotropā hormona antivielu (AKTH, B13-100, 1:30, Fering, Malme, Zviedrija), dinorfīna antivielu (B46-100, 1:50, Peninsula, ASV) un Y neuropeptīda antivielu (NPY – B48-100, 1:100, Peninsula, ASV) (Coons et al., 1955), noteicām hipotalama kodolu neironu neuropeptīdu ekspresiju.

Apoptotisku šūnu noteikšanai lietojām TUNEL metodi (*in situ Cell Death Detection, POD*, kataloga Nr. 1684817, Roche Diagnostics) pēc Negoescu et al. (1998).

Rutinās izmeklējumiem audu paraugi tika krāsoti ar hematoksilīnu un eozīnu. Statistiskai korelācijai šūnu skaits redzes laukā tika noteikts ar Leica DC 300F digitālo kameru, izmantojot „Image Pro Plus” un SPSS programmu.

Rezultāti

Rutinās izmeklējumos atradām nenozīmīgu makrofāgu infiltrāciju gan baltajā, gan pelēkā smadzeņu vielā. Baltajā vielā atklājās glijas šūnu proliferācija un asinsvadu skleroze. Vienā gadījumā baltajā vielā bija redzama tūska. Apoptotiskas šūnas atklājām hipotalama rajonā gan baltajā, gan pelēkā vielā. Apoptotiskie kodoli bija atrodamī pelēkā vielas piramidālajos neironos, kā arī *pia mater* atsevišķās šūnās un endoteliocītos. Daļa

no glijas šūnām uzrādīja kodolu apoptozi (1. att.).

Hipotalama peptīderģiskie kodoli uzrādīja nelielu līdz mērenam skaitam galanīnu, NPY, dinorfīnu saturošās šūnas un no mērena līdz ievērojamam skaitam AKTH pozitīvos neironus (2.-5. att.).

Mūsu pētījumos korelāciju starp hipotalama sāta peptīdu izplatību un apoptotisko šūnu skaitu nekonstatējām.

Diskusija

Mūsu veiktajos pētījumos atklājām, ka govju hipotalama rajonā galanīnu saturošo neironu skaits variē no neliela līdz vidējam. Tas nesaskan ar vispārpieņemto uzskatu, ka galvenajās hipotalama daļās – tā kodolos – mediālajā un laterālajā preoptiskajā, lokveida, periventrikulārajā, dorsomediālajā, laterālajā hipotalama/mediālajā priekšējo smadzeņu kūlīša laukumā, tuberālajā, kaudālajā un papildus supraoptiskajā un paraventrikulārajā, kā arī laterālajā zonā līdz zirņveida bedrei (*Recessus mamillaris*) – ir liels skaits peptīdus saturošo neuroendokrīno šūnu. Iespējams, ka neuropeptīdu ekspresija dažādiem zīdītājiem var mazliet atšķirties. Turklāt barības uzturēšanu peptīdi parasti neietekmē tieši, bet gan netieši. Tā, Bergonzelli et al. (2001) apraksta t.s. peptīdatkarīgo tauku un glikozes līmeņa regulāciju galvenokārt kā divu fizioloģisko modulatoru stimulāciju, centrāli un perifēri darbojoties adrenokortikotropā hormona atbrīvotājfaktoram un Y neuropeptīdam.

Galanīns ir viens no vispotenciālākajiem oreksiģēnajiem peptīdiem un organismā būtiski regulē ar vielu maiņu saistīto neuroendokrīno darbību vai no tās atkarīgās neuroendokrīnās adaptācijas reakcijas (Gruaz et al., 1993; Ahima et al., 1996).

Arī NPY saturošie neironi veselu dzīvnieku hipotalama rajonā tika konstatēti no neliela līdz mērenam skaitam. Šis peptīds šūnās un nervšķiedrās parasti ir

1. tabula / Table 1

Relatīva neuropeptīdus saturošu neironu izplatība veselas govju hipotalamā
Relative distribution of neuropeptides-containing neurones in healthy cows' hypothalamus

Neuropeptīdi / Neuropeptides	Relatīvais imunoreaktīvo šūnu skaits / Relative number of immunoreactive cells
Galanīns / Galanin	+
Dinorfīns / Dynorphin	+
NPY / Neuropeptide Y	+
AKTH / Adrenocorticotrophic hormone	++/+++

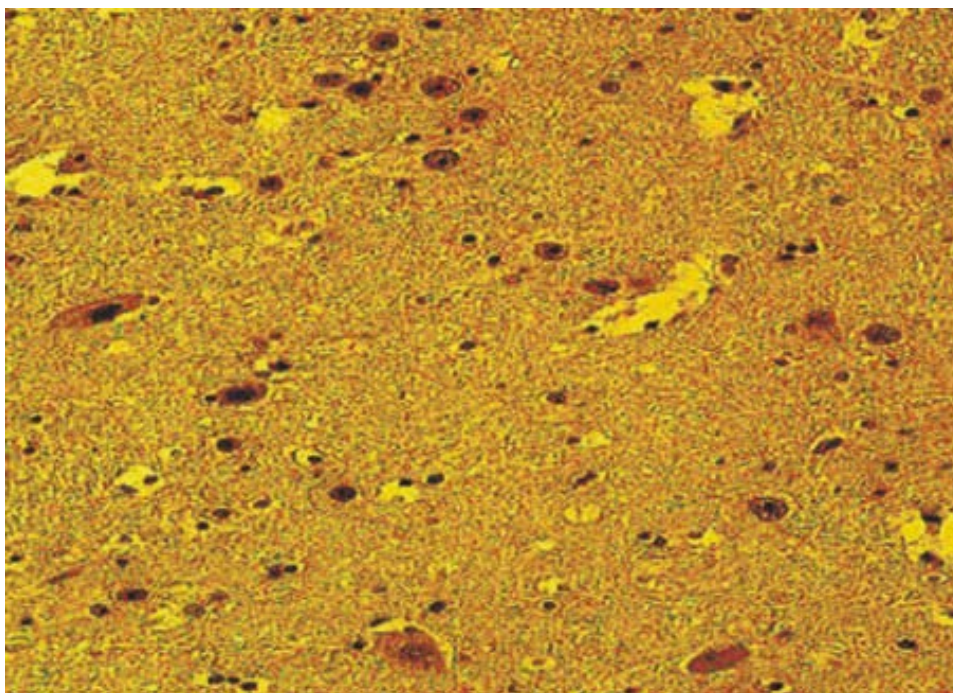
NPY – neuropeptīds tirozīns / neuropeptide tyrosine

AKTH / ACTH – adrenokortikotropais hormons / adrenocorticotrophic hormone

– neliels skaits neuropeptīdus saturošo šūnu redzes laukā / few neuropeptide-containing cells in visual field

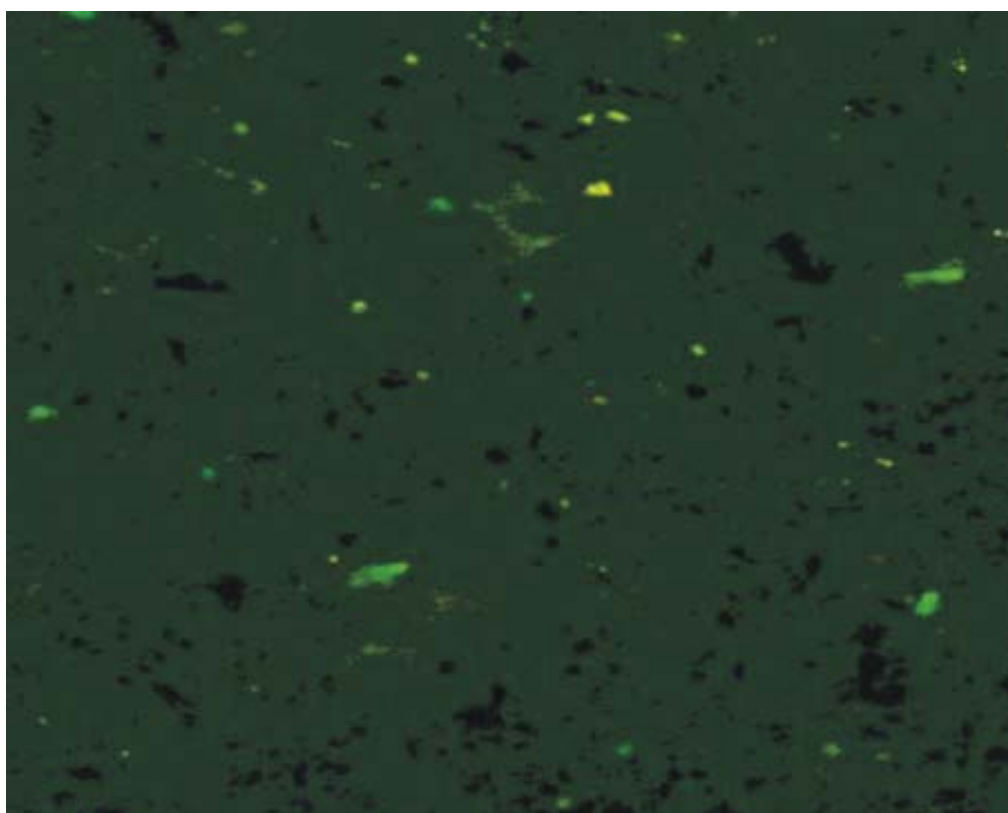
++ – mērens skaits neuropeptīdus saturošo šūnu redzes laukā / moderate number of neuropeptide-containing cells in visual field

+++ – ievērojams daudzums neuropeptīdus saturošo šūnu redzes laukā / numerous neuropeptide-containing cells in visual field

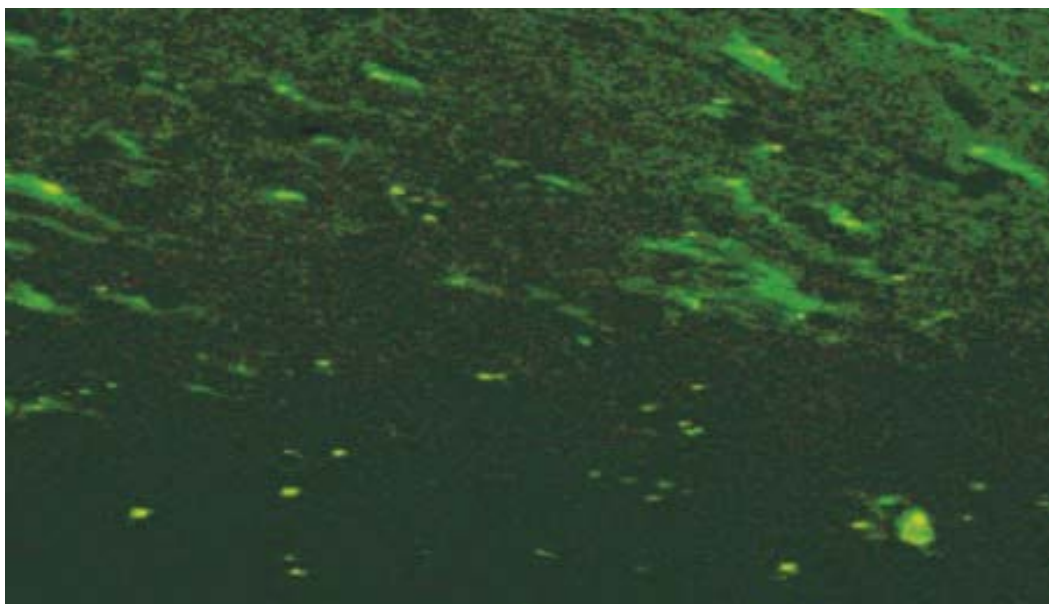


1. att. Apoptotiskie kodoli veselas govus smadzeņu baltās vielas glijas šūnās un pelēkās vielas neironos.
TUNEL, X240.

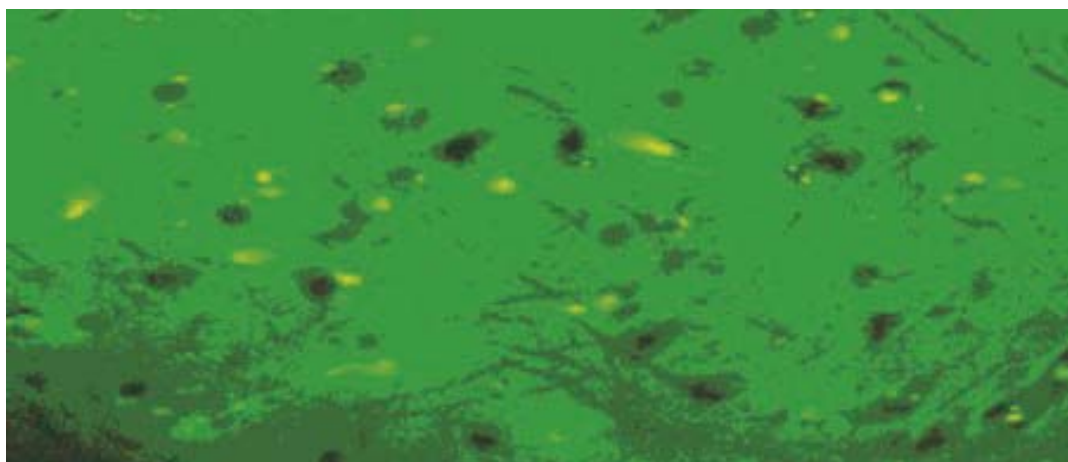
Fig. 1. Apoptotic nuclei in glial cells of white matter and neurones of gray matter in healthy cows brain.
TUNEL, X240.



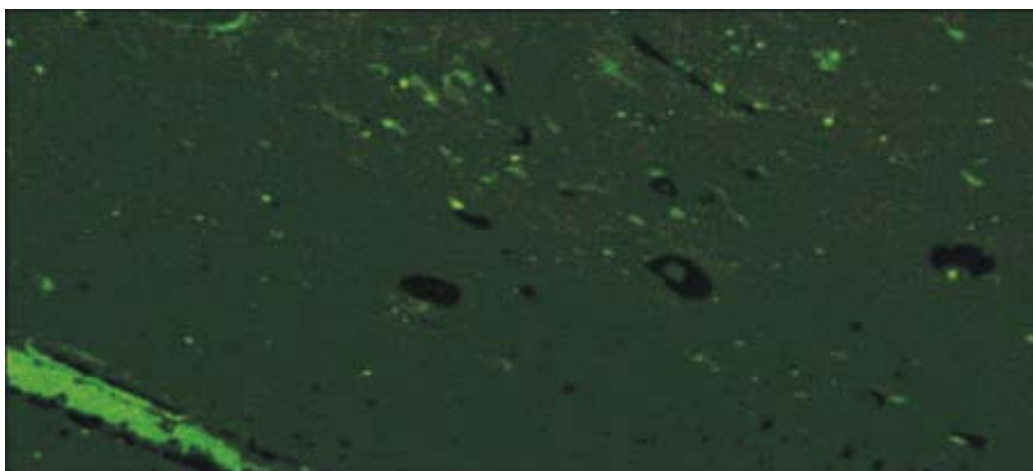
2. att. Neironu perinukleārās zonas dinorfīnu saturošās granulas veselu govju hipotalamā. Dinorfīns, IMH, X 400.
Fig. 2. Dynorphin-containing granuli in perinuclear zone of neurones in hypothalamus of healthy cows.
Dynorphin, IMH, X 400.



3. att. Mērena skaita AKTH saturoši neironi veselas govju hipotalama kodolā. AKTH, IMH, X 240.
Fig. 3. Moderate number of ACTH-containing neurones in hypothalamus of healthy cows. ACTH, IMH, X 240.



4. att. Izteikta Y neuropeptīda imūnreaktivitāte veselas govju hipotalama kodolā. NPY, IMH, X 240.
Fig. 4. Strong NPY-immunoreactivity in hypothalamus of healthy cows. NPY, IMH, X 240.



5. att. Neliels daudzums galanīnu saturošo neironu veselas govju hipotalamā. Galanīns, IMH, X 240.
Fig. 5. Few galanin-containing neurones in hypothalamus of healthy cows. Galanin, IMH, X 240.

vienlaicīgi ar galanīnu, un abi pieskaitāmi, piemēram, žurku hipotalamā visvairāk izplatītajiem peptīdiem (Allen et al., 1983). Mūsu pētītajiem dzīvniekiem – 4–6 gadus vecām veselām laktējošām govīm – arī bija gandrīz vienāda šo peptīdu ekspresija hipotalamā, un, iespējams, sugu robežās atšķirīgs ir tikai abu peptīdu saturošo šūnu skaits un ekspresijas intensitāte.

Mūsu izmeklētajiem dzīvniekiem atradām tikai dažas dinorfīnu saturošas šūnas atsevišķos hipotalama rajonos. Šie rezultāti sakrīt ar citu autoru pētījumiem aītām par neliela skaita peptīdus saturošu šūnu daudzumu laterālajā hipotalama daļā (Iqbal et al., 2003). Dinorfīns tieši (Iqbal et al., 2003) regulē apetīti un ir apzīmēts kā iekšējais ēšanas stimulators (Morley et al., 1985). Jāatzīmē, ka dzīvnieku pētījumu rezultāti ļauj domāt par dinorfīna un, iespējams, arī Y neuropeptīda ekspresijas samazināšanos ēšanas pārslodzes bloķēšanai organisma novecošanās gaitā (Morley et al., 1997).

Veselu govju hipotalamā atradām ļoti daudz AKTH saturošas šūnas, kas norāda uz minētā hormona galveno regulējošo lomu barības (un, iespējams, arī citā nozīmē) uzņemšanā. Šo pieņēmumu apstiprina arī citi autori (Denton et al., 1999), kuri atklājuši, ka AKTH kopā ar virkni citu hormonu (īpaši stresa situācijās) rada lielu nātrija atkarīgo apetīti pelēm. Tomēr tādi endogēnie opioīdie peptīdi kā dinorfīns var aizkavēt AKTH atbrīvošanu (Morley et al., 1983).

Apoptoze jeb programmētā šūnu nāve ir dabisku pārmaiņu rezultāts, kas saistās ar veselu audu homeostāzi un tās noteicošām strukturālām izmaiņām šūnās dzīvības procesā (Wyllie et al., 1980). Apoptoze galvenokārt pētiņa embriogēnēzē, bet postnatālajā periodā dominē asins šūnās un reproduktīvajā sistēmā. Mūsu iepriekšējos pētījumos noteicām līdzīgu apoptotisko šūnu skaitu baltajā un pelēkajā smadzeņu vielā ar ketozi slimām govīm (Pilmane et al., 2004), un šo tendenci atklājām arī šajos pētījumos. Tādējādi pieļaujam apoptozes kā veselo smadzeņu audu balansu regulējoša faktora nozīmi, koordinējot veselu šūnu bojāeju un reģenerāciju, kas mainās slimības laikā (Brunner et al., 2003).

Secinājumi

1. Veselu govju hipotalama kodolos konstatējām no neliela līdz vidējam daudzumam barības uzņemšanu regulējošos neuropeptīdus: dinorfīnu, NPY un galanīnu, bet ievērojamā daudzumā – AKTH saturošas šūnas.

2. Vienlaicīgi atradām izteiktu apoptozi baltajā un pelēkajā smadzeņu vielā, asinsvadu endotēlijā un hipotalama kodolos.

Literatūra

1. Ahima, R. S., Prabakaran, D., Mantzoros, C., Qu, D., Lowell, B., Maratos-Flier, E., Flier, J. S. (1996) Role of leptin in the neuroendocrine response to fasting. *Nature*, 382(6588): 250–252.

2. Allen, Y. S., Adrian, T. E., Allen, J. M., Tatemoto, K., Crow, T. J., Bloom, S. R., Polak, J. M. (1983) Neuropeptide Y distribution in the rat brain. *Science*, 4613: 877–879.

3. Bergonzelli, G. E., Pralong, F. P., Glauser, M., Cavadas, C., Grouzmann, E., Gailard, R. C. (2001) Interplay between Galanin and Leptin in the Hypothalamic Control of Feeding via Corticotropin-Releasing Hormone and Neuropeptide Y. *Diabetes*, 50: 2666–2672.

4. Brunner, T., Mueller, C. (2003) Programmed cell death: chapter 9. Apoptosis in disease: about shortage and excess. *Essays Biochem.*, 39: 119–130.

5. Coons, A.H., Leduc, R.E.H., Connolly, J.M. (1955) Studies of antibody production. A method for the histochemical demonstration of specific antibody and its application to a study of the hyperimmune rabbit. *J. Exp. Med.*, 102: 49–60.

6. Denton, D. A., Blair-West, J. R., McBurnie, M. I., Miller, J. A., Weisinger, R. S., Williams, R. M. (1999) Effect of adrenocorticotrophic hormone on sodium appetite in mice. *Am. J. Physiol.*, 277(4 Pt 2): R1033–1040.

7. Ellacott, K. L., Cone, R. D. (2004) The central melanocortin system and the integration of short-and-long term regulators of energy homeostasis. *Recent. Prog. Horm. Res.*, 59: 395–408.

8. Gruaz, N. M., Pilrooz, D. D., Rohner-Jeanrenaud, F., Sizonenko, P. C., Aubert, M. L. (1993) Evidence that neuropeptide Y could represent a neuroendocrine inhibitor of sexual maturation in unfavorable metabolic conditions in the rat. *Endocrinology*, 4: 1891–1894.

9. Ingvarsen, K. L., Boisclair, Y. R. (2001) Leptin and the regulation of food intake, energy homeostasis, and immunity with special focus on periparturient ruminants. *Domestic animals endocrinology*, 21(4): 215–250.

10. Iqbal, J., Henry, B. A., Pompolo, S., Rao, A., Clarke, I. J. (2003) Long-term alteration in bodyweight and food restriction does not affect the gene expression of either preproorexin or prodynorphin in the sheep. *Neuroscience*, 118(1): 217–226.

11. Kalra, S. P., Dube, M. G., Pu, M. G., Xu, B., Horvath, T. L., Kalra, P. S. (1999) Interacting appetite-regulating pathways in the hypothalamic regulation of body weight. *Endocrine Rev.*, 20: 68–100.

12. Morley, J. E. (1983) Neuroendocrine effects of endogenous opioid peptides in human subjects: a review. *Psychoneuroendocrinology*, 8(4): 361–379.

13. Morley, J. E. (1997) Anorexia of aging: physiologic and pathologic. *Am. J. Clin. Nutr.*, 66(4): 760–773.

14. Morley, J.E., Levine, A.S. (1985) Dynorphin, an endogenous stimulator of feeding. *Prog. Clin. Biol. Res.*, 192: 293–300.

15. Negoescu, A., Guillermet, Ch., Lorimer, Ph.,

- Robert, C., Lantuejoul, S., Brambilla, E., Labat-Moleur, F. (1998) TUNEL apoptotic cell detection in archived paraffin-embedded tissues. *Biochemica*, 3: 36–41.
16. Pilmane, M., Zitare, I., Jemeljanovs, A. (2004) Morphofunctional characterization of glial cells in CNS of cattle. *Proceedings of the Latvia University of Agriculture*, 10(305): 8–12.
17. Schwartz, M. W., Woods, S. C., Porte, D., Seelay, R. J., Baskin, D. G. (2000) Central nervous system control of food intake. *Nature*, 6778: 661–671.
18. Sunagawa, K., Weisinger, R. S., McKinlay, M. J., Purcell, B. S., Thomson, C., Burns, P. L. (2001) The role of neuropeptide Y in the central regulation of grass intake in sheep. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 14(1): 35–40.
19. Williams, G., Bing, C., Cai, X. J., Harrold, J. A., King, P. J., Liu, X. H. (2001) The hypothalamus and the control of energy homeostasis: different circuits, different purposes. *Physiol. Behav.*, 74: 683–701.
20. Wyllie, A. H., Kerr, J. F., Curric, A. R. (1980) Cell Death I the significance of apoptosis. *Int. Rev. Cytol.*, 63: 251–306.

No mastīta slimo govju piena izolēto *Staphylococcus aureus* celmu enterotoksigenitāte

The Enterotoxigenicity of *Staphylococcus Aureus* Isolated from Mastitis Cows

Rafaels Joffe

Pārtikas un veterinārā dienesta Nacionālais diagnostikas centrs, e-pasts: rafaels.joffe@ndc.gov.lv

The National Diagnostic Centre of Food and Veterinary Service, e-mail: rafaels.joffe@ndc.gov.lv

Edīte Birģele

LLU Veterinārmedicīnas fakultātes Preklīnikas institūts, e-pasts Edite.Birģele@llu.lv

Preclinical Institute of the Faculty of Veterinary Medicine, LLU, e-mail: Edite.Birģele@llu.lv

Abstract. The aim of this work is to investigate the prevalence of enterotoxin-producing *S.aureus* in milk of bovine mastitis in Latvia and to clarify the influence of seasonality on prevalence of *S.aureus*. Total of 476 samples of raw milk of bovine mastitis from Kurzeme, Zemgale, Vidzeme and Latgale regions were analyzed. The samples were taken through all seasons to determine the relationship between the season and the prevalence of enterotoxin-producing *S.aureus*. The reverse passive latex agglutination assay „SET-RPLA Staphylococcus enterotoxin A, B, C, and D detection kit” (TD 9000, Oxoid, U.K., 1996) was used to determine the enterotoxin serotypes. The incidence of enterotoxin-producing *S.aureus* in milk of bovine mastitis was found in 77.3% of cases. The incidence of *S.aureus* in milk of bovine mastitis is most common in Kurzeme region (40.6%); in its turn the prevalence of enterotoxin-producing *S.aureus* is uppermost in Latgale region (93%), but comparatively lower – in Vidzeme, Kurzeme, and Zemgale regions, respectively 79.5%, 78.6%, and 65.6%. The differences in prevalence of enterotoxin-producing *S.aureus* in different regions of Latvia show that a definite population of staphylococcus is localized in a definite region ($\chi^2 = 16.817$ and $p\text{-value} = 0.001$) and is possible in a particular farm. In summer and spring months, the enterotoxin-producing *S.aureus* are most common isolates from the milk of mastitic cows (in 46 and 24% of cases respectively), in autumn they are detected less (17%), but in winter *S.aureus* prevalence is low (13%). In Latvia, the enterotoxin-A-producing *S.aureus* are dominant strains (59 %) in the milk of bovine mastitis (Cohran's Q test value = 28.978 and $p\text{-value} = 0.0001$).

Key words: *Staphylococcus aureus*, enterotoxins, bovine mastitis, milk.

Ievads

Zināms, ka pasaulē *Staphylococcus aureus* ir plaši izplatīts govju mastīta ierosinātājs, nesot ievērojamus zaudējumus piena lopkopībai (Economic consequences ..., 2005), turklāt lielākā daļa celmu ir enterotoksigēni (Olson, 1970; Heesch, Reichmuth, 1995). Neatkarīgi no mastīta klīniskās formas Ziemeļvalstīs 30.0% un Anglijā 40.0% gadījumu mastīta etioloģija saistīta ar *S.aureus* (Pyörälä, 1995; Pitkälä et al., 2004). Attiecībā uz stafilokokku izraisītām pārtikas toksikoinfekcijām jāatzīmē, ka daļa no tām var būt saistītas ar uzturā nokļuvušo tā saucamo subklīniskā mastīta pienu un no tā gatavotiem piena produktiem. Daudzu pasaules zinātnieku pētījumu rezultāti parāda pietiekami biežu enterotoksīnus veidojošo stafilokokku sastopamību ar mastītu slimo govju pienā. Izteikta enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu prevalence ar mastītu slimo govju pienā pierādīta Vācijā – 58.7% (Zschock et al., 2005) –, Trinidadā – 53.6% (Adesiyun, 1995) – un Japānā – 67.8% (Katsuda et al., 2005). Salīdzinoši mazāk enterotoksigēno *S.aureus* celmu izdalīti Korejā – 22.3% (Lim et al., 2004) – un Amerikā – 13.8% (Cenci-Goga et al., 2003) un 28.6% (Kenny et al., 1993).

Pēdējo gadu pētījumos ir mēģināts noskaidrot

ģeogrāfiskās lokalizācijas ietekmi uz stafilokoku ģenētisko variabilitāti. Pierādīts, ka Dānijā 65.0% izolēto celmu satur stafilokoku enterotoksīnu C un D gēnus, tā saucamos SEC un SED, bet Zviedrijā šo toksīnu kodējošie gēni konstatēti tikai 2.0% izdalīto kultūru (Larsen et al., 2000).

Iespējama arī *S.aureus* celmu fenotipiskā līdzība viena ģeogrāfiskā areāla robežās. Šveices zinātnieku pētījumos pierādīta SEC veidojošo *S.aureus* celmu fenotipiskā līdzība tikai ar nelielām atšķirībām genoma struktūrā (Stephan et al., 2001).

S.aureus celmu ģeogrāfiskās lokalizācijas nozīme mastīta etioloģijā ir akcentēta arī citu autoru pētījumos, kuros pierādīta viena noteikta *S.aureus* celma prevalence noteiktā reģionā un pat konkrētā saimniecībā (Joo et al., 2001).

Tomēr dati par enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* sastopamību ar mastītu slimo govju pienā ir visai atšķirīgi. Kas attiecas uz Latviju, līdz šim šāda veida pētījumi nav veikti, tādēļ šī darba mērķis ir izpētīt enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu īpatsvaru ar mastītu slimo govju pienā Latvijas teritorijā un noskaidrot sezonālā ietekmi uz *S.aureus* izplatību.

Materiāls un metodes

Kopumā analizēti 476 nepasterizēta piena paraugi, kas iegūti Kurzemes, Zemgales, Vidzemes un Latgales reģionu saimniecībās no govīm, kas slimo ar subklīnisko un klīnisko mastītu. Paraugi ņemti visās gada sezonās, lai noskaidrotu, vai enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu izplatība ir saistīta ar gada sezonu. *S.aureus* noteicām ar starptautiski atzītu un zinātniski pamatotu metodi „LVS EN ISO 6888-1 : 1999”, izmantojot selektīvu barotni – Baird-Parker agaru – un trušu asins plazmu koagulāzes pierādīšanai. Lai veiktu izdalīto plazmu koagulējošo stafilokoku identifikāciju, izvēlējamies speciālus bioķīmisko īpašību pārbaudes testus API-STAPH (20500, BioMérieux, France), kas ļāva precīzi noteikt izdalītā celma piederību *S.aureus*. Lai pierādītu enterotoksīnus veidojošos *S.aureus* celmus, izmantojām vienu no jaunākajām, pasaulē atzītajām metodēm – ar enzīmu saistītās imunofluorescences metodi (ELFA jeb *enzyme-linked fluorescence assay*) (Pimbley, Patel, 1998), kas ir vispārzināma un atzīta metode stafilokoku enterotoksīnu noteikšanai. Stafilokoku enterotoksīnu klātbūtne izmeklējamā paraugā tika pierādīta, izmantojot Francijas firmas „BioMérieux” analizatoru „miniVIDAS” un speciālus enterotoksīnu noteikšanas testus „VIDAS Staph enterotoxin SET” (30701, BioMérieux, France).

Ar enzīmu saistītās imunofluorescences metodi

izmantojām, lai identificētu enterotoksīnus veidojošos *S.aureus* celmus, jo tai ir augsta jutības pakāpe un specifiskums (ar tās palīdzību var noteikt enterotoksīnu serotipu A, B, C un D klātbūtni) (Pimbley, Patel, 1998). Lai nodrošinātu veikto analīžu ticamību, kontrolei izmantojām testu komplektācijā esošos enterotoksīnu standartšķīdumus. Šādu kvalitātes kontroli atkārtojām ik pēc 14 dienām. Precizējot, tieši kuri no izdalītajiem *S.aureus* celmiem spēj veidot enterotoksīnus, mūsu turpmākais uzdevums bija noteikt, kādus enterotoksīnu serotipus veido konkrētie *S.aureus* celmi.

Enterotoksīnu serotipēšanai pielietojām t.s. reversās pasīvās lateksa aglutinācijas metodi, izmantojot „SET-RPLA *Staphylococcus enterotoxin A, B, C, D detection kit*” (TD 9000, Oxoid, U.K., 1996) testus. Analīžu ticamības pārbaudei izmantojām testu komplektācijā esošos enterotoksīnu A, B, C un D standartšķīdumus. Šādas kvalitātes pārbaudes veicām katru reizi, kad analizējām pētāmos paraugus. Reversās pasīvās lateksa aglutinācijas metode ir starptautiski atzīta metode enterotoksīnu serotipizācijai. Tā izstrādāta, balstoties uz imunoloģiskās reakcijas principiem, t.i., enterotoksīnu specifisko antigēnu saistību ar zināmām antivielām, precīzi nosakot enterotoksīnu serotipus A, B, C un D – attiecīgi SEA, SEB, SEC un SED (Bankes, Rose, 1989). Pierādīts, ka šīs metodes jutība ir ekvi-

1. tabula / Table 1

***Staphylococcus aureus* un tā enterotoksīnus veidojošie celmi ar mastītu slimojošo govju pienā Latvijas teritorijā**
The prevalence of *Staphylococcus aureus* and enterotoxin-producing strains isolated from bovine mastitis milk in Latvia

Reģions / Region	Analizēto paraugu skaits / Number of analysed samples	Paraugu skaits, kuros pierādīts <i>S.aureus</i> / Number of sample with detected <i>S.aureus</i>		Paraugu skaits, kuros pierādīti enterotoksīnus veidojošie <i>S.aureus</i> celmi / Number of samples with detected enterotoxin-producing <i>S.aureus</i> strains		Gadalaiki / Seasons			
		skaits / number	%	skaits / number	%	ziema / winter	pavasaris / spring	vasara / summer	rudens / autumn
Kurzeme	69	28	40.6	22	78.6	3	6	9	4
Zemgale	186	32	17.2	21	65.6	2	5	10	4
Vidzeme	151	44	29.1	35	79.5	5	8	17	5
Latgale	70	15	21.4	14	93.0	2	3	6	3
Kopā / Total	476	119	25.0	92	77.3	12 (13 %)	22 (24 %)	42 (46%)	16 (17 %)

valenta ar enzīmu saistītās imunofluorescences metodes jutībai (Bankes, Rose, 1998). Līdz ar to, izmantojot šos testus, mums izdevās noteikt, kādus enterotoksīnus spēj veidot izdalītie *S.aureus* celmi un raksturot noteiktu enterotoksīnu serotipu veidojošo *S.aureus* populāciju Latvijas teritorijā.

Dati statistiski apstrādāti, izmantojot Pīrsona kritēriju un Krāmēra V koeficientu (Arhipova, Bāliņa, 2003; Paura, Arhipova, 2002).

Rezultāti un diskusija

Izdalīto *Staphylococcus aureus* un enterotoksīnus veidojošo celmu kopaina pa Latvijas reģioniem un gadalaika sezonām apkopoti 1. tabulā.

Redzams, ka no 476 analizētajiem piena paraugiem, kas iegūti no govīm, kas slimo ar mastītu, *S.aureus* konstatēts 119 paraugos, t.i., 25.0% gadījumu. Tālāk, mērķtiecīgi analizējot izdalītās *S.aureus* kultūras, atklājām, ka no šiem 119 *S.aureus* celmiem 92 spēj veidot enterotoksīnus, kas veido 77.3%. Tātad arī Latvijā, tāpat kā Amerikā, Trinidadā, Vācijā un Japānā (Kenny, 1993; Adesiyun, 1995; Zschock et al., 2005; Katsuda et al., 2005), viens no govju mastīta ierosinātājiem ir *S.aureus*. Turklāt konstatējām, ka 77.3% no izdalītajiem *S.aureus* celmiem spēj veidot enterotoksīnus.

Tas, vai *S.aureus* enterotoksīniem ir būtiska loma mastītu patogēnēzē, šobrīd vēl nav pilnīgi izpētīts. Tomēr ir skaidrs, ka viens no *S.aureus* baktēriju patogenitāti noteicošiem faktoriem ir salīdzinoši augstais enterotoksīnus veidojošo celmu īpatsvars, kas liek domāt par šo enterotoksīnu nozīmi mastīta patogēnēzē (Katsuda et al., 2005).

Enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu izplatību ar mastītu slimo govju pienā dažādos Latvijas reģionos esam atspoguļojuši gan 1. tabulā, gan 1. attēlā.

Izrādījās, ka *S.aureus*, t.sk. enterotoksīnus veidojošie *S.aureus* celmi, būtībā ir sastopami visos Latvijas reģionos, bet ne vienādā daudzumā. Procentuāli visbiežāk *S.aureus* pierādījās Kurzemes reģionā, jo tieši Kurzemes reģionā iegūtajiem piena paraugiem visvairāk tika izdalīti *S.aureus* – 28 no 69 paraugiem jeb 40.6% gadījumu. Kas attiecas uz Kurzemes reģionā konstatēto enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu skaitu, tad no 28 izdalītajām *S.aureus* kultūrām 22 kultūras jeb 78.6% gadījumu atklājām enterotoksīnus veidojošos celmus (skat. 1. tabulu un 1. att.).

Vidzemes, Latgales un Zemgales reģionā *S.aureus* celmu īpatsvars ar mastītu slimojošo govju pienā ir salīdzinoši zemāks – attiecīgi 29.1%, 21.4% un 17.2%.

Nemot vērā šo nevienmērīgo *S.aureus* sastopamību Latvijas teritorijā, bija jānoskaidro, vai izdalītās *S.aureus* kultūras spēj veidot enterotoksīnus un kāds ir šo enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* īpatsvars Latgales, Vidzemes un Zemgales reģionos.

Izrādās, ka Latgales reģionā no 70 izmeklētajiem ar mastītu slimo govju piena paraugiem 15, t.i., 21.4%

gadījumu, tika izdalīti *S.aureus* celmi. No tiem 14 jeb 93.0% gadījumu šie celmi veidoja enterotoksīnus (skat. 1. tabulu un 1. att.). Līdz ar to var secināt, ka Latgales reģionā izdalīto *S.aureus* celmu skaits ir salīdzinoši mazāks nekā Kurzemes reģionā, tomēr ar mastītu slimo govju pienā enterotoksīnus producējošo *S.aureus* celmu skaits šajā reģionā ir visaugstākais.

Zemgales reģionā no 186 analizētajiem ar mastītu slimo govju piena paraugiem 32 paraugos jeb 17.2% gadījumu tika izdalīti *S.aureus* celmi, savukārt 21 no izdalītajiem celmiem jeb 65.6% gadījumu tie veidoja enterotoksīnus (skat. 1. tabulu un 1. att.). Iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka Zemgales reģionā izdalīto *S.aureus* celmu īpatsvars, %, ir salīdzinoši mazāks nekā Latgales un Kurzemes reģionos, turklāt Zemgales reģionā konstatēts arī mazāks enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu īpatsvars (65.6% gadījumu).

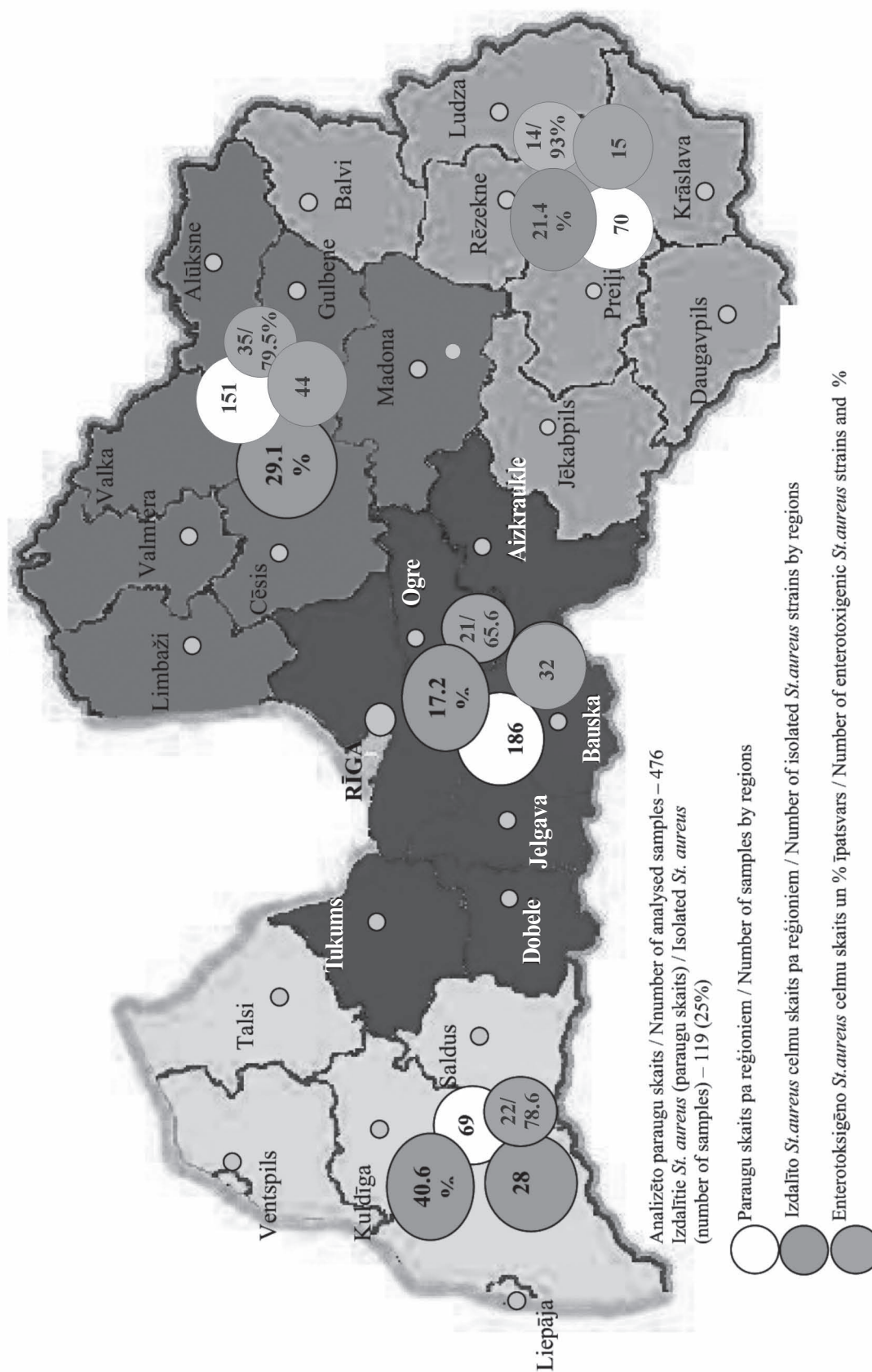
Analizējot 151 Vidzemes reģionā iegūto ar mastītu slimo govju piena paraugu, 44 no tiem, t.i., 29.1% gadījumu, tika izdalīts *S.aureus*. No tiem 35 *S.aureus* celmi jeb 79.5% veidoja enterotoksīnus (skat. 1. tabulu un 1. att.).

Tātad, salīdzinot iegūtos rezultātus, var secināt, ka Vidzemes reģionā izdalīto *S.aureus* celmu skaits procentuāli ir mazāks nekā Kurzemes reģionā, bet lielāks nekā Zemgales un Latgales reģionos. Savukārt enterotoksīnus veidojošie *S.aureus* celmi Latgalē ir daudz biežāk izdalīti nekā Kurzemes un Vidzemes reģionos, bet Zemgales reģionā – salīdzinoši mazāk.

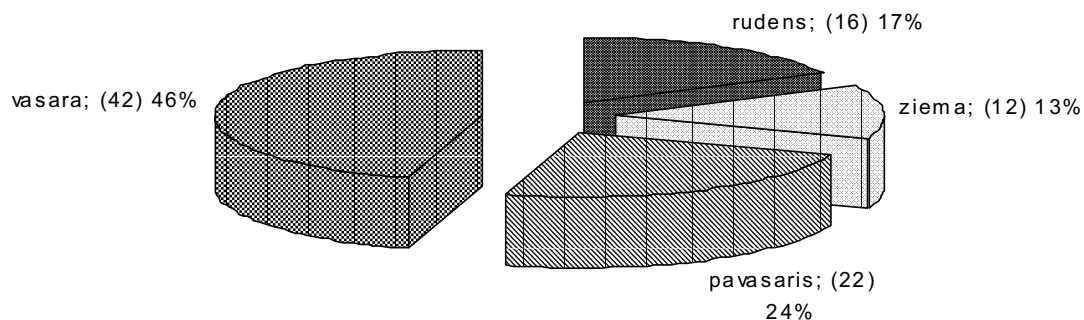
Analizējot visos Latvijas reģionos kopumā *S.aureus* enterotoksīnus producējošo celmu procentuālo daudzumu (skat. 1. tabulu), redzams, ka šis rādītājs ir 77.3%. Salīdzinot, piemēram, ar ASV datiem, kur šis skaitlis ir tikai 13.8% (Cenci-Goga et al., 2003), var secināt, ka šis jautājums Latvijā ir ļoti aktuāls un prasa turpmākus pētījumus.

Datu statistiskās analīzes rezultāti rādīja, ka *S.aureus* klātbūtne ar mastītu slimo govju pienā ir atkarīga no Latvijas reģiona, kurā to nosaka. Izmantojot Pīrsona kritērija analīzi, ieguvām $\div 2$ faktisko testa vērtību 16.817 un p vērtību – 0.01, tādējādi ar 99% varbūtību var apgalvot, ka reģions un *S.aureus* klātbūtne ar mastītu slimo govju pienā ir saistītas pazīmes. Lai novērtētu pazīmju saistību, analīzei izvēlēts Krāmēra V (Cramer's V) koeficients. Tā vērtība ir 0.188, kas apliecina tā statistisko nozīmīgumu. Apstiprinotus rezultātus ieguvām, analizējot arī enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu klātbūtnes saistību ar konkrētu Latvijas reģionu. Pīrsona kritērija vērtība $\div 2 = 21.027$ un $p = 0.0001$, tādējādi ar 99.9% varbūtību var apgalvot, ka reģions un enterotoksīnus veidojošo celmu klātbūtne ar mastītu slimo govju pienā ir saistītas pazīmes. Krāmēra V koeficients = 0.210, un tas ir statistiski nozīmīgs.

Mūsu pētījumu rezultāti zināmā mērā saskan ar dažu autoru darbos uzsvērtu faktu, ka noteikta stafilokoku populācija ir lokalizēta kādā konkrētā



1. att. Enterotoksigēno *S. aureus* celmu izplatība ar mastītu slimojošo govju pienā Latvijas teritorijā.
Fig. 1. Prevalence of enterotoxigenic *S. aureus* isolated from bovine mastitis milk in Latvia.



2. att. Enterotoksigēno *S.aureus* celmu izplatība ar mastītu slimojošo govju pienā Latvijā saistībā ar sezonālītāti.

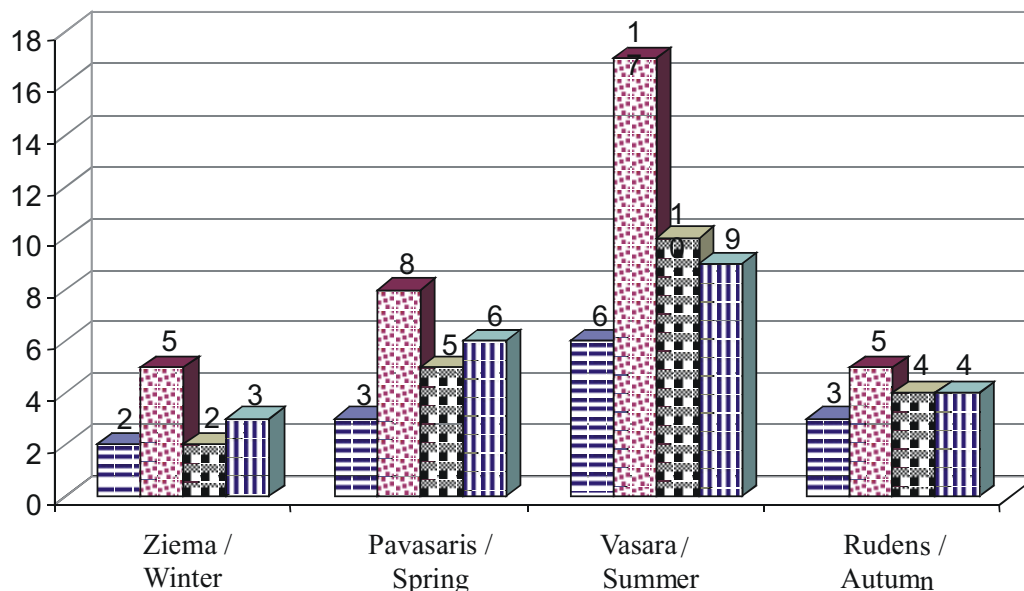
Fig. 2. Seasonal variation in prevalence of enterotoxigenic *S.aureus* isolated from bovine mastitis milk in Latvia.

reģionā (Annemüller et al., 1999; Stephan et al., 2001; Joo et al., 2001). Lai precīzi novērtētu stafilokoku ģeogrāfisko lokalizāciju Latvijas teritorijā, turpmākajos pētījumos būtu jāizmanto molekulārās bioloģijas metodes, kas ļautu precīzi un detalizēti analizēt izdalīto *S.aureus* celmu genotipu, pārbaudīt noteiktu enterotoksīnu kodējošo gēnu veidu un līdz ar to noteiktu serotipu veidošanās potenciālu izdalītajām stafilokoku kultūrām. Šāda veida pētījumi pēdējo 10 gadu laikā veikti pasaulē un dati publicēti daudzu autoru darbos (Lange et al., 1996; Akineden et al., 2001; Lim et al., 2004; Becker et al., 2004; Zschock et al., 2005).

Mūsu pētījuma rezultāti zināmā mērā parāda arī to,

ka enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* īpatsvars ar mastītu slimo govju pienā noteiktā reģionā nav atkarīgs no *S.aureus* sastopamības biežuma attiecīgajā reģionā izmeklētajos piena paraugos. Mūsu rezultāti apliecina to, ka enterotoksīnus veidojošie *S.aureus* celmi ir sastopami visā Latvijas teritorijā, bet potenciālais risks šiem toksīnus veidojošiem celmiem nonākt pārtikas produktos nosacīti augstāks ir Latgales reģionā, kur *S.aureus* sastopamība ir vislielākā.

Gadalaiku saistība ar enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu sastopamību ar mastītu slimo govju pienā Latvijā atspoguļota 2. attēlā. Mūsu pētījuma rezultāti rāda, ka šie *S.aureus* celmi visbiežāk izdalījās



3. att. Enterotoksigēno *S.aureus* celmu izplatība ar mastītu slimojošo govju pienā sezonas laikā Latvijas reģionos.

Fig. 3. The prevalence of enterotoxigenic *S.aureus* isolated from bovine mastitis milk during the seasons in different regions of Latvia.

tieši pavasara un vasaras mēnešos – attiecīgi 24.0% un 46.0%. Rudens mēnešos enterotoksīni ar mastītu slimo govju pienā konstatēti 17.0% gadījumu, bet ziemas mēnešos to īpatsvars ir salīdzinoši zemāks – 13.0% gadījumu. Turklāt šī sadalījuma tendence ir raksturīga visiem Latvijas reģioniem, bet, kā redzams, nedaudz spīgtāk tā izpaužas Vidzemes reģionā (skat. 3. attēlu).

Enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* sastopamība tieši gada siltajos mēnešos, mūsaprāt, varētu būt saistīta ar klimatiskajiem apstākļiem, galvenokārt ar apkārtējās vides temperatūru. Otrs faktors ir govju ganīšanas sezona, kas, iespējams, ietekmē baktēriju, t.sk. *S.aureus*, migrāciju slaucamo govju ganāmpulkos. Protams, liela nozīme baktēriju izplatībā ir arī sanitār-higiēniskajiem apstākļiem katrā konkrētajā fermā.

Izpētot enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu sastopamību ar mastītu slimo govju pienā Latvijas reģionos un novērtējot to saistību ar sezonālītāti, viens no mūsu darba galvenajiem uzdevumiem bija pārbaudīt, konkrēti kādus enterotoksīnu serotipus veido no slimo govju piena izdalītie *S.aureus* celmi. Ar reversās pasīvās lateksa aglutinācijas metodi iegūtie rezultāti atspoguļoti 4. attēlā.

Redzams, ka 54 no 92 enterotoksīgēniem *S.aureus* celmiem producē enterotoksīnu A (SEA), 25 celmi – enterotoksīnu C (SEC), bet 13 – enterotoksīnu B (SEB). Izvērtējot dažādu enterotoksīnu tipu īpatsvara atšķirības, izmantojām Kohrana Q testu. Izrādījās, ka vērtība ir 28.978 un attiecīgi p vērtība ir 0.0001. Līdz ar to var uzskatīt, ka tieši A tipa enterotoksīns ir dominējošais enterotoksīnu serotips, kuru producē *S.aureus* celmi, kas izplatīti Latvijā ar mastītu slimo govju pienā.

Mūsu iegūtie dati visumā saskan ar literatūras datiem, kuros arī tiek akcentēts, ka tieši *S.aureus* enterotoksīna A serotips ir prevalējošs daudzos pasaules reģionos (Gutierrez et al., 1982; Kenny et al.,

1993; Adesiyun, 1995; Lim et al., 2004), kaut gan atsevišķu autoru pētījumos uzsvērtā SEB, SEC un SED prevalence (Tollersrud et al., 2000; Stephan et al., 2001; Nagase et al., 2002).

Jāatzīmē, ka enterotoksīnus veidojošie *S.aureus* celmi literatūrā tiek aprakstīti kā vieni no pārtikas saindēšanās izraisītājiem, īpaši enterotoksīnu A veidojošie *S.aureus* celmi (Evenson et al., 1988; Yamashita et al., 2003; Ikeda et al., 2005). Lai pierādītu šo apgalvojumu, mēs turpināsim pētījumus par enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* sastopamību gan rūpnieciski, gan piemājas zemnieku saimniecībās ražotajos piena produktos Latvijā.

Secinājumi

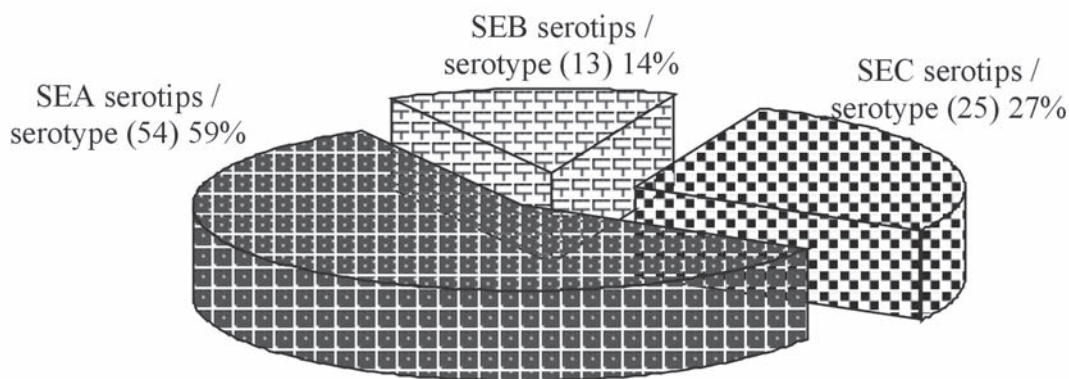
1. Latvijā ar mastītu slimo govju pienā enterotoksīnus veidojošie *S.aureus* celmi sastopami 77.3% gadījumu.

2. *S.aureus* ar mastītu slimo govju pienā visvairāk var konstatēt Kurzemes reģiona saimniecībās (40.6%), savukārt enterotoksīnus veidojošo celmu īpatsvars visaugstākais ir Latgales reģionā (93.0%). Salīdzinoši zemāks tas ir Vidzemes, Kurzemes un Zemgales reģionos – attiecīgi 79.5%, 78.6% un 65.6%.

3. Enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* izplatības atšķirības dažādos Latvijas reģionos norāda uz noteiktas stafilokoku populācijas lokalizāciju konkrētā reģionā ($\chi^2 = 16.817$ un p vērtība = 0.01) un, iespējams, arī noteiktā saimniecībā.

4. Enterotoksīnus veidojošie *S.aureus* celmi visvairāk sastopami vasarā (46.0%) un pavasarī (24.0%), attiecīgi mazāk rudenī (17.0%), bet ziemas periodā to īpatsvars ir salīdzinoši zems (13.0%).

5. Latvijas teritorijā ar mastītu slimo govju pienā dominē enterotoksīnu A veidojošie *S.aureus* celmi – 59.0% gadījumu (Kohrana Q testa vērtība = 28.978 un p vērtība = 0.0001).



4. att. Izdalītie *S.aureus* enterotoksīnu serotipi no govju piena, kas slimo ar mastītu.

Fig. 4. *S.aureus* enterotoxin serotypes in the milk of mastitis cows.

Literatūra

- Adesiyun, A.A. (1995) Characteristics of *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine mastitic milk: bacteriophage and antimicrobial agent susceptibility and enterotoxigenicity. *Journal of veterinary medicine*, vol. 42, pp. 129-139.
- Akineden, Ö., Annemüller, C., Hassan, A.A., Lämmler, C., Wolter, W., Zschöck, M. (2001) Toxin genes and other characteristics of *Staphylococcus aureus* isolates from milk of cows with mastitis. *Clinical and diagnostic laboratory immunology*, vol. 8, No. 5, pp. 959-964.
- Annemüller, C., Lämmler, Ch., Zschöck, M. (1999) Genotyping of *Staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitis. *Veterinary microbiology*, vol. 69, issue 3, pp. 217-224.
- Arhipova, I., Bāliņa, S. (2003) *Statistika ekonomikā: risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel*. Rīga: Datorzinību centrs, 349 lpp.
- Bankes, P., Rose, A.S. (1989) Rapid detection of staphylococcal enterotoxins in foods with a modification of the reversed passive latex agglutination assay. *Journal of applied bacteriology*, vol. 67, pp. 395-399.
- Becker, K., Friedrich, A.W., Peters, G., von Eiff, C. (2004) Systematic survey on the prevalence of genes coding for staphylococcal enterotoxins SEIM, SEIO and SEIN. *Mol. Nutr. Food Res.*, vol. 48, pp. 488-495.
- Cenci-Goga, B.T., Karama, M., Rossitto, P.V., Morgante, R.A., Cullor, J.S (2003) Research note on enterotoxin production by *Staphylococcus aureus* isolated from mastitic cows. *Journal of food protection*, vol. 66, No. 9, pp. 1693-1696.
- Economic consequences of mastitis. (2005) *Bulletin of the International Dairy Federation* 394, pp. 6-25.
- Evenson, L.M., Hinds, W.M., Bernstein, S.R., Bergdoll, S.M. (1988) Estimation of human dose of staphylococcal enterotoxin A from a large outbreak of staphylococcal food poisoning involving chocolate milk. *International journal of food microbiology*, vol. 7, pp. 311-316.
- Gutierrez, L.M., Menez, I., Garcia, M.L., Moreno, B., Bergdoll, M.S. (1982) Characterization and enterotoxigenicity of staphylococci isolated from mastitic bovine milk in Spain. *Journal of food protection*, vol. 45, No. 4, pp. 1282-1286.
- Heeschen, H.W., Reichmuth, J. (1995) Mastitis: the disease under aspects of milk quality and hygiene. *Kieler milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, Heft. 3, Band 47, S. 221-236.
- Ikeda, T., Tamate, N., Yamaguchi, K., Makino, S. (2005) Mass outbreak of food poisoning disease caused by small amounts of staphylococcal enterotoxins A and H. *Applied environmental microbiology*, vol. 71, pp. 2793-2795.
- Joo, S.Y., Fox, K.L., Davis, C.W., Bohach, A.G., Park, H.Y. (2001) *Staphylococcus aureus* associated with mammary glands of cows: genotyping to distinguish different strains among herds. *Veterinary microbiology*, vol. 80, issue 2, pp. 131-138.
- Katsuda, K., Hata, E., Kobayashi, H., Kohmoto, M., Kawashima, K., Tsunemitsu, H., Eguchi, M. (2005) Molecular typing of *Staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitic milk on the basis of toxin genes and coagulase gene polymorphisms. *Veterinary microbiology*, vol. 105, issues 3-4, pp. 301-305.
- Kenny, K., Reiser, F.R., Bastida-Corcuera, F.D., Norcross, N.L. (1993) Production of enterotoxins and toxic shock syndrome toxin by bovine mammary isolates of *Staphylococcus aureus*. *Journal of clinical microbiology*, vol. 31, No. 3, pp. 31-42.
- Lange, C., Cardoso, M., Senczek, D., Schwarz, S. (1996) Molecular subtyping of *Staphylococcus aureus* isolates from cases of bovine mastitis in Brazil. *Veterinary microbiology*, vol. 67, issue 2, pp. 127-141.
- Larsen, D.H., Sloth, H.K., Elsberg, C., Enevoldsen, C., Pedersen, H.L. (2000) The dynamics of *Staphylococcus aureus* intramammary infection in nine Danish dairy herds. *Veterinary microbiology*, vol. 71, pp. 89-101.
- Lim, S.K., Joo, Y.S., Lee, A.R., Nam, H.M., Wee, S.h., Koh, H.B. (2004) Molecular typing of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitis in Korea. *Journal of veterinary medicine science*, vol. 66, pp. 581-584.
- Nagase, N., Shimizu, A., Kawano, J., Yamashita, K., Yoshimura, H., Ishimaru, M., Kojima A. (2002) Characterization of *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine mastitis in Japan. *Journal of veterinary medicine science*, vol. 64, pp. 1169-1172.
- Olson, C.J., Casman, P.E., Baer, F.E., Stone, E.J. (1970) Enterotoxigenicity of *Staphylococcus aureus* cultures isolated from acute cases of bovine mastitis. *Applied microbiology*, vol. 10, pp. 605-607.
- Paura, L., Arhipova, I. (2002) *Neparametriskās metodes: SPSS datorprogramma*. Jelgava: LLKC, 148. lpp.
- Pimbley, D.W., Patel, P.D. (1998) A review of analytical methods for detection of bacterial toxins. *Toxins. Supplement to Journal of Applied Microbiology*, vol. 84, pp. 98-109.
- Pitkälä, A., Haveri, S., Pyörälä, S., Myllys, V., Honkanen-Buzalski, T. (2004) Bovine mastitis in Finland 2001 – prevalence, distribution of bacteria and antimicrobial resistance. *Journal of dairy science*, No. 87, pp. 2433-2441.
- Pyörälä, S. (1995) Staphylococcal and streptococcal mastitis: *The bovine udder and mastitis*. Helsinki: University of Helsinki, Faculty of veterinary medicine, Helsinki, pp. 143-146.
- Stephan, R., Annemüller, C., Hassan, A.A., Lämmler, Ch. (2001) Characterization of enterotoxigenic

Staphylococcus aureus strains isolated from bovine mastitis in north-east Switzerland. *Veterinary microbiology*, vol. 78, issue 7, pp. 373-382.

26. Tollersrud, T.M., Kenny, K., Caugant, D.A., Lund, A. (2000) Characterisation of isolates of *Staphylococcus aureus* from acute, chronic and subclinical mastitis cows in Norway. *APMIS*, vol. 108, pp. 565-572.

27. Yamashita, K., Kanazawa, Y., Ueno, M., Ohta, H., Kitaguchi, M., Kawakami, T., Iwasaki, K., Tsujisawa, E., Morino, Y., Tabita, K. (2003) Significance of the detection of staphylococcal enterotoxin A gene in low fat

milk which caused a serious outbreak of food poisoning. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*, vol. 44, pp. 186-190.

28. Younis, A., Krifucks, O., Heller, E.D., Samra, Z., Glickman, A., Saran, A. (2003) *Staphylococcus aureus* exosecretions and bovine mastitis. *Journal of veterinary medicine*, vol. 50, No. 1, pp. 1-7.

29. Zschock, M., Kloppert, B., Wolter, W., Hamann, H.P., Lammler, C. (2005) Pattern of enterotoxin genes seg, she, sei and sej positive *Staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitis. *Veterinary microbiology*, vol. 21, pp. 256-263.

***Staphylococcus aureus* un enterotoksīnus veidojošie celmi tirgos realizācijā esošajā pienā un piena produktos Latvijā**

The Prevalence of Enterotoxigenic *Staphylococcus Aureus* Strains in Milk and Milk Products on Latvian Market

Rafaels Joffe

Pārtikas un veterinārā dienesta Nacionālais diagnostikas centrs, e-pasts: rafaels.joffe@ndc.gov.lv

The National Diagnostic Centre of Food and Veterinary Service, e-mail: rafaels.joffe@ndc.gov.lv

Edīte Birģele

LLU Veterinārmedicīnas fakultātes Preklīnikas institūts, e-pasts Edite.Birģele@llu.lv

Preclinical Institute of the Faculty of Veterinary Medicine, LLU, e-mail: Edite.Birģele@llu.lv

Abstract. *Staphylococcus aureus* is well-known as a one of the most important causative agents of food poisoning, especially in milk and milk products. However, most of the staphylococcal strains are enterotoxigenic. The paper presents the results of the investigations: prevalence of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in milk products marketed in Latvia, and possible relationship with milk from cows having mastitis and contamination of milk products with enterotoxigenic *Staphylococcus aureus*. It was found that 15.2% of *S.aureus* isolates from milk products can produce enterotoxins. Enterotoxigenic *S.aureus* is most common in cottage cheese (29.4%) and sour cream (11.3%). *S.aureus* is most common in Zemgale region (50.0%), but enterotoxigenic strains prevail in Vidzeme (27.0%) and Zemgale region (21.4 %), less they are found in Latgale (11.4 %) and Kurzeme (6.9 %). The enterotoxin A (SEA) (43.0%), SEC (33%) and SEB (14.0 %) producing *S.aureus* are strains isolated from milk products marketed in Latvia.

Key words: *Staphylococcus aureus*, enterotoxins.

Ievads

Pasaules zinātniskajā literatūrā pieejams ne mazums datu par piena produktu kontamināciju ar stafilokoku enterotoksīniem. Lai arī dati par enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* sastopamību piena produktos dažādās valstīs ir visai atšķirīgi, globāli tie rāda, ka visai bieži pārtikas toksikoinfekcijas izraisa piena produkti, kas kontaminēti ar enterotoksīnus veidojošiem stafilokokiem. Vairāku autoru darbos publicēti pētījumi par noteiktu piena produktu kvalitāti, kas tradicionāli tiek gatavoti noteiktā valsts reģionā un nelielā apjomā, kā izejvielu izmantojot atsevišķās saimniecībās iegūto pienu. Tā, Itālijā, veicot Boloņas apgabālā pārdošanā esošo dažādu siera šķirņu analīzes, siltākajos gada mēnešos konstatēja *S.aureus* prevalenci, turklāt 55.5% visu izdalīto koagulāzes pozitīvo stafilokoku spēja veidot vienu vai vairākus enterotoksīnu serotipus (De Luca et al., 1997; Normanno et al., 2005). Slovākijas zinātnieki pierādījuši, ka enterotoksīnus veido 39.2% no piena produktiem izdalīto *S.aureus* celmu (Holec-kova et al., 2002).

Jāatzīmē, ka piena produktu kontaminācija ar enterotoksīnus veidojošiem stafilokokiem lielā mērā ir saistīta ar mastītu slimo govju pienu. Lielbritānijā aprakstīti saslimšanas gadījumi, ko bija izraisījis no mastīta slimu aitu piena gatavots siers (Adams, Moss,

1995). Enterotoksīnus veidojošo stafilokoku sastopamība ar mastītu slimo govju pienā uzsvērtā daudzu pasaules zinātnieku publikācijās (Adesiyun, 1995; Katsuda et al., 2005; Zschock et al., 2005). Ņemot vērā piena produktu ražošanas un aprites tradīcijas Latvijā un to, ka Latvijas tirgos tiek realizēts atsevišķās saimniecībās iegūts nepasterizēts piens un no tā gatavotie piena produkti, mūsu **darba mērķis** bija izpētīt enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu īpatsvāru Latvijas tirgos realizācijā esošajos piena produktos un noskaidrot iespējamo enterotoksīnus veidojošo stafilokoku izcelsmes saistību ar mastītu slimo govju pienu Latvijā.

Materiāls un metodes

Kopumā analizēti 313 piena, krējuma un biezpiena paraugi, kas iegūti Kurzemes, Zemgales, Vidzemes un Latgales reģionu tirgos un atklātajās tirdzniecības vietās. *S.aureus* noteicām ar starptautiski atzītu un zinātniski pamatotu metodi „LVS EN ISO 6888-1:1999”, izmantojot selektīvu barotni Baird-Parker agaru un trušu asins plazmu koagulāzes pierādīšanai. Lai veiktu izdalīto plazmu koagulējošo stafilokoku identifikāciju, izvēlējamies speciālus bioķīmisko īpašību pārbaudes testus „API-Staph” (20500, BioMérieux, France), kas ļāva precīzi noteikt izdalītā celma piederību *S.aureus*.

Lai pierādītu enterotoksīnus veidojošos *S.aureus* celmus, izmantojām vienu no jaunākajām, pasaulē atzītajām metodēm – ar enzīmu saistītās imunofluorescences metodi (ELFA jeb ‘enzyme linked fluorescence assay’) (Pimbley, Patel, 1998), kas ir vispārinājama un atzīta metode stafilokoku enterotoksīnu noteikšanai. Stafilokoku enterotoksīnu klātbūtne izmeklējamā paraugā tika pierādīta, izmantojot Francijas firmas „BioMérieux” analizatoru „miniVIDAS” un speciālus enterotoksīnu noteikšanas testus „VIDAS Staph enterotoxin SET” (30701, BioMérieux, France).

Ar enzīmu saistītās imunofluorescences metodi izmantojām, lai identificētu enterotoksīnus veidojošos *S.aureus* celmus, jo tai ir augsta jutības pakāpe un specifiskums (ar tās palīdzību var noteikt enterotoksīnu serotipu A, B, C un D klātbūtni) (Pimbley, Patel, 1998). Lai nodrošinātu veikto analīžu ticamību, kontrolei izmantojām testu komplektācijā iekļautos enterotoksīnu standartšķīdumus. Šādu kvalitātes kontroli atkārtojām ik pēc 14 dienām. Precīzi noskaidrojot, tieši kuri no izdalītajiem *S.aureus* celmiem spēj veidot enterotoksīnus, mūsu turpmākais uzdevums bija noteikt, kādus enterotoksīnu serotipus veido konkrētie *S.aureus* celmi.

Enterotoksīnu serotipēšanai lietojām t.s. reversās pasīvās lateksa aglutinācijas metodi, izmantojot „SET-RPLA *Staphylococcus enterotoxin A, B, C, D detection kit*” (TD 9000, Oxoid, U.K., 1996) testus. Analīžu ticamības pārbaudei izmantojām testu komplektācijā esošos enterotoksīnu A, B, C un D standartšķīdumus. Šādas kvalitātes pārbaudes veicām katru reizi, kad analizējām pētāmos paraugus. Reversās pasīvās lateksa aglutinācijas metode ir starptautiski atzīta metode enterotoksīnu serotipēšanai. Tā izstrādāta, balstoties

uz imunoloģisko reakciju principiem, t.i., antigēnu (enterotoksīnu) saistību ar specifiskām antivielām, precīzi nosakot enterotoksīnu serotipus A (SEA), SEB, SEC un SED (Bankes, Rose, 1989). Pierādīts, ka šīs metodes jutība ir ekvivalenta ar enzīmu saistītās imunofluorescences metodes jutībai (Bankes, Rose, 1989). Līdz ar to, izmantojot šos testus, mums izdevās noteikt, kādus enterotoksīnus spēj veidot izdalītie *S.aureus* celmi un raksturot noteiktu enterotoksīnu serotipu veidojošo *S.aureus* populāciju Latvijas teritorijā.

Dati statistiski apstrādāti, izmantojot Pīrsona kritēriju un Krāmiera V koeficientu (Arhipova, Bāliņa, 2003; Paura, Arhipova, 2002).

Rezultāti un diskusija

Staphylococcus aureus un enterotoksīnus veidojošo celmu pētījumu rezultāti apkopoti 1. tabulā un 1. attēlā.

Redzams, ka no 313 analizētajiem piena produktu paraugiem *S.aureus* konstatēts 138 paraugos, t.i., 44.1% gadījumu. Biežāk *S.aureus* konstatējām krējuma paraugos – 54.6% gadījumu. Nedaudz mazāk tos izdalījām no nepasterizēta piena, t.i., 51 no 116 testētajiem paraugiem jeb 43.9% gadījumu, kā arī no biezpiena paraugiem – attiecīgi 34.0% gadījumu.

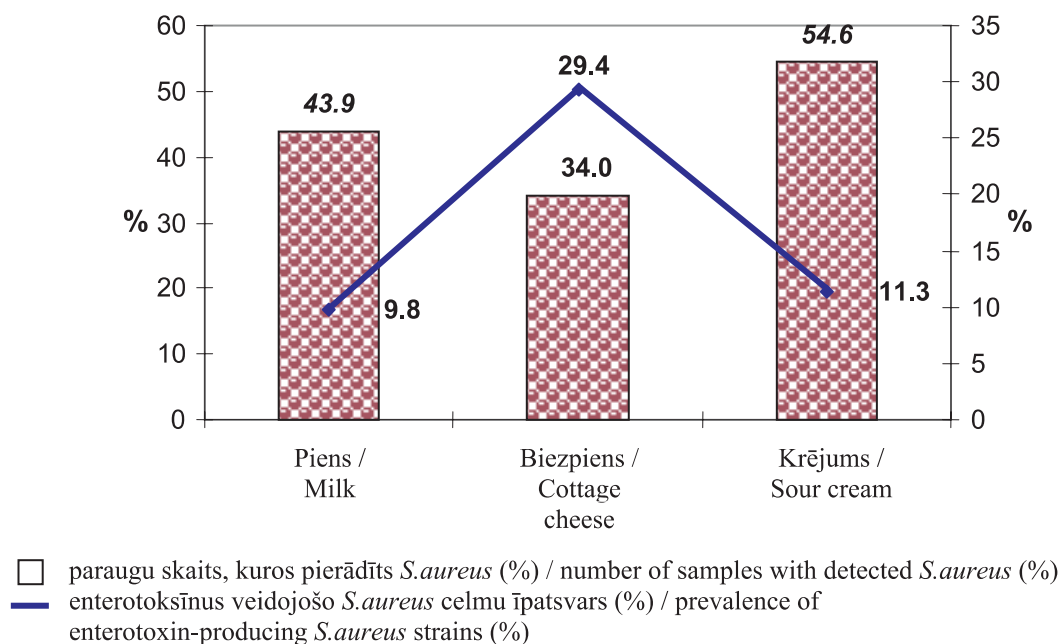
Tālāk, mērķtiecīgi analizējot izdalītās *S.aureus* kultūras, atklājām, ka no 138 *S.aureus* celmiem 21 (15.2%) spēj veidot enterotoksīnus. Aplūkojot datus par enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu sastopamību noteiktos produktos, redzams, ka visvairāk šos celmus nākas izdalīt no biezpiena – 29.4 % gadījumu –, bet ievērojami mazāk no krējuma un piena – attiecīgi 11.3% un 9.8% gadījumu (skat. 1. tabulu un 2. attēlu).

1. tabula / Table 1

***Staphylococcus aureus* un enterotoksīnus veidojošie celmi Latvijas tirgū realizācijā esošajā pienā un piena produktos**

The prevalence of *Staphylococcus aureus* and enterotoxin-producing strains in milk and

Nosaukums / Name	Analizēto paraugu skaits / Number of analysed samples	Paraugu skaits, kuros pierādīts <i>S.aureus</i> / Number of samples with detected <i>S.aureus</i>		Paraugu skaits, kuros pierādīti enterotoksīnus veidojošie <i>S.aureus</i> celmi / Number of samples with detected enterotoxin- producing <i>S.aureus</i> strains	
		skaits / number	%	skaits / number	%
Piens / Raw milk	116	51	43.9	5	9.8
Biezpiens / Cottage cheese	100	34	34.0	10	29.4
Krējums / Sour cream	97	53	54.6	6	11.3
Piens un piena produkti kopā / Milk and milk products, total	313	138	44.1	21	15.2



1. att. *Staphylococcus aureus* un enterotoksīnus veidojošo celmu īpatsvars Latvijas tirgū realizētajā pienā un piena produktos.

Fig. 1. The prevalence of *Staphylococcus aureus* and enterotoxin-producing strains in milk and milk products marketed in Latvia.

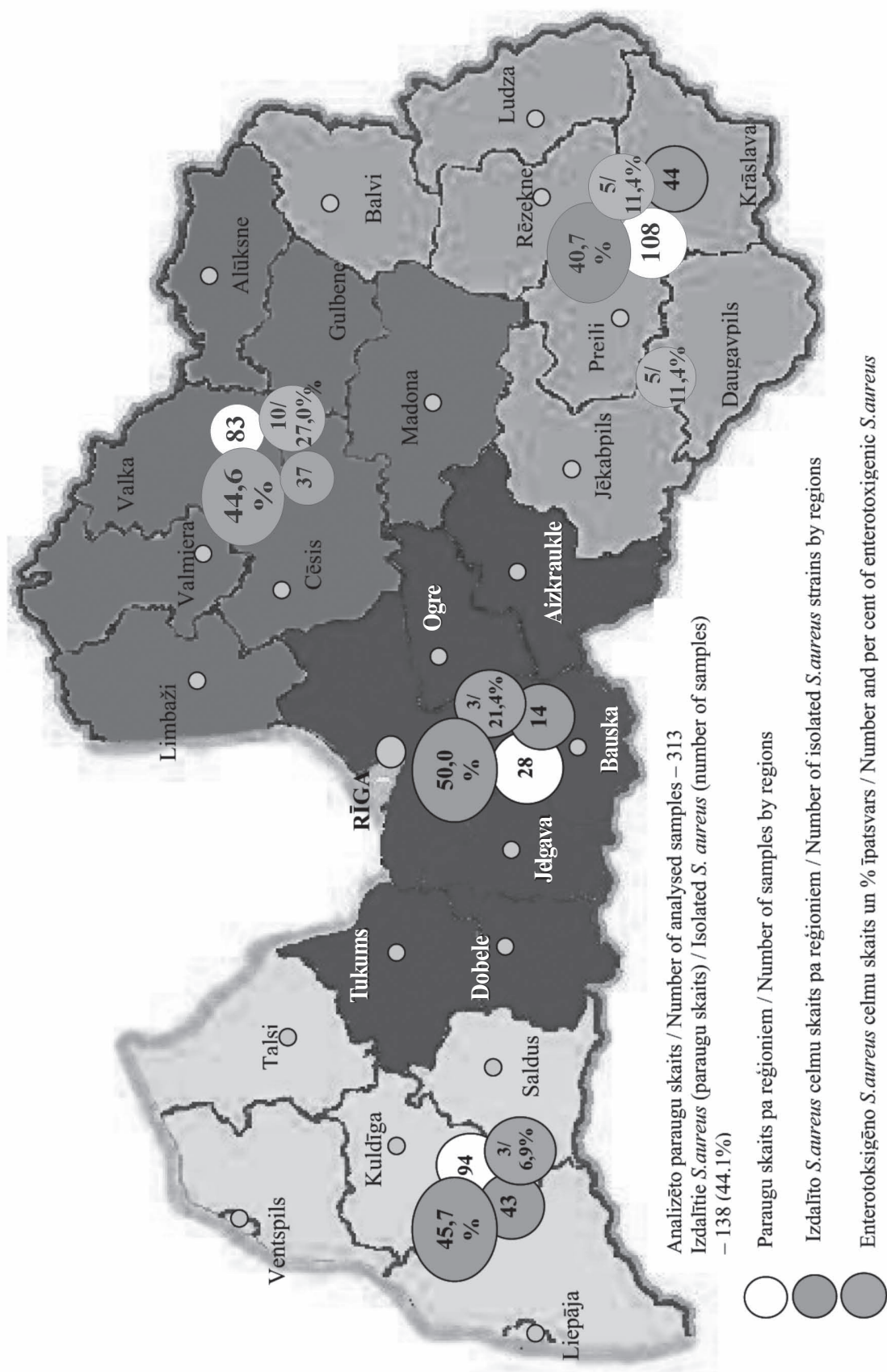
Zinot, ka enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu izcelsme var būt saistīta ar govju tesmeņa iekaisumu (Holeckova et al., 2002), zināmā mērā var uzskatīt, ka enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* īpatsvars pienā ir visai zems. Var pieņemt, ka tirgū realizācijā nonākušais piens ir jau termizēts, kas daļēji samazina sākotnējo baktēriju koncentrāciju pienā. Tomēr, ja analizē *S.aureus* gadījumu skaitu piena paraugos, tas ir visai augsts – 43.9% gadījumu. Jāņem vērā fakts, ka konkrētā saimniecība pārdod koppienu, kas iegūts no vairākām govīm, tādēļ nākotnē būtu stingri jāanalizē konkrētas saimniecības sanitārhygiēniskais stāvoklis un subklīniskā mastīta izplatība.

Kas attiecas uz *S.aureus* enterotoksīnu klātbūtni biezpiena un krējuma paraugos, redzams, ka to daudzums ir salīdzinoši lielāks nekā pienā (skat. 1. tabulu un 1. att.). Zināms, ka biezpiens un krējums ir piena tauku un proteīna koncentrāts, līdz ar to šajos produktos to gatavošanas procesā piens tiek koncentrēts kopā ar visām tajā esošajām baktērijām, kas noved pie enterotoksīnus veidojošo stafilokoku īpatsvara pieauguma šajos produktos. Ja rūpnieciskā procesa laikā lielākā daļa baktēriju šūnu tiek atdalītas ar separatoru un centrifūgu palīdzību, tad individuālajās saimniecībās gatavotajos piena produktos šīs tehnoloģijas pārsvarā netiek izmantotas. Kā zināms, stafilokoki ir rezistenti pret izžūšanu, tādēļ nepietiekami tīri trauki var būt papildus piena produktu kontaminācijas avots to

izgatavošanas procesā (Sinell, 1980; Halpin-Dohnalek, Marth, 1989; Miwa et al., 2001). Personāla higiēnas nozīme pārtikas produktu gatavošanas laikā ir būtiska sevišķi tad, kad tiek izmantots roku darbs, kā tas ir biezpiena ražošanas procesā individuālajās saimniecībās. Jāatzīmē, ka stafilokoki ir izturīgi pret termisko apstrādi zemākās temperatūrās (< 55 °C) (Adams, Moss, 1995). Ja ieraudzētā piena uzkaršēšana biezpiena gatavošanas procesā nav pietiekama, lai iznīcinātu tajā esošās baktērijas, turklāt piena sākotnējā mikrobioloģiskā piesārņojuma līmenis ir bijis augsts, palielinās arī iespēja biežāk izdalīt stafilokokus un enterotoksīnus veidojošos celmus. Tātad varam secināt, ka tirgos realizācijā esošo piena produktu kvalitāti nosaka gan izejvielas kvalitāte, gan produktu gatavošanas process, gan arī uzglabāšanas un realizācijas apstākļi.

Analizējot iegūtos rezultātus, kas rāda *S.aureus* enterotoksīnu klātbūtni piena un piena produktu paraugos, mēs noskaidrojām enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu izplatību Latvijas reģionos (skat. 2. tabulu).

Izrādījās, ka *S.aureus*, t.sk. enterotoksīnus veidojošie *S.aureus* celmi, ir sastopami visos Latvijas reģionos, bet ne vienādā daudzumā (skat. 2. tabulu un 2. attēlu). Potenciāli visbiežāk ar *S.aureus* būtu jāreģinās Zemgales reģionā, jo tieši no Zemgales reģionā iegūtajiem piena produktu paraugiem kopumā *S.aureus*



2. att. Enterotoksigēno *S. aureus* celmu izplatība ar masfītu slimojošo govju pienā Latvijas teritorijā.
Fig. 2. Prevalence of enterotoxigenic *S. aureus* isolated from bovine mastitis milk in Latvia.

***Staphylococcus aureus* un enterotoksīnus veidojošie celmi Latvijas tirgū realizācijā esošajā pienā un piena produktos**
The prevalence of *Staphylococcus aureus* and enterotoxin-producing strains isolated from milk and milk products marketed in Latvia

Reģions / Region	Analizēto paraugu skaits / Number of analysed samples	Paraugu skaits, kuros pierādīts <i>S.aureus</i> / Number of samples with detected <i>S.aureus</i>		Enterotoksīnus veidojošo celmu skaits / Number of enterotoxin-producing strains	
		skaits / number	%	skaits / number	%
Kurzeme	94	43	45.7	3	6.9
Zemgale	28	14	50.0	3	21.4
Vidzeme	83	37	44.6	10	27.0
Latgale	108	44	40.7	5	11.4
Kopā /Total	313	138	44.1	21	15.2

tika izdalīti visvairāk – 14 no 28 paraugiem jeb 50.0% gadījumu. Kas attiecas uz Zemgales reģionā konstatēto enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu skaitu, tad no 14 izdalītajām *S.aureus* kultūrām 3 kultūras (jeb 21.4% gadījumu) veidoja enterotoksīnus. Vidzemes un Latgales reģionā *S.aureus* celmu, kuri producē enterotoksīnus, īpatsvars piena produktos ir salīdzinoši zemāks – attiecīgi 27.0% un 11.4%. Kas attiecas uz Kurzemes reģionu, *S.aureus* īpatsvars, kas producē enterotoksīnus, ir 6.9% no visām izdalītajām kultūrām.

Tātad varam secināt, ka Latvijas tirgos realizācijā esošajā pienā un piena produktos *S.aureus* celmi sastopami 40–50% gadījumu (skat. 2. tabulu). Bet mūsu pētījumos diferencēto A, B, C un D enterotoksīnus producējošo *S.aureus* celmu skaits nav tieši proporcionāls tam paraugu skaitam, kuros ir pierādīts *S.aureus* (skat. 3. attēlu). Piemēram, no 45.7% Kurzemes reģionā konstatēto *S.aureus* celmu skaita tikai 6.9% gadījumu ir izdalīti *S.aureus* celmi, kas producē A, B, C un D enterotoksīnus. Bet attiecīgi Vidzemes reģionā no 44.6% konstatēto *S.aureus* skaita enterotoksīnus veidojošie celmi ir izdalīti 27.0% gadījumu.

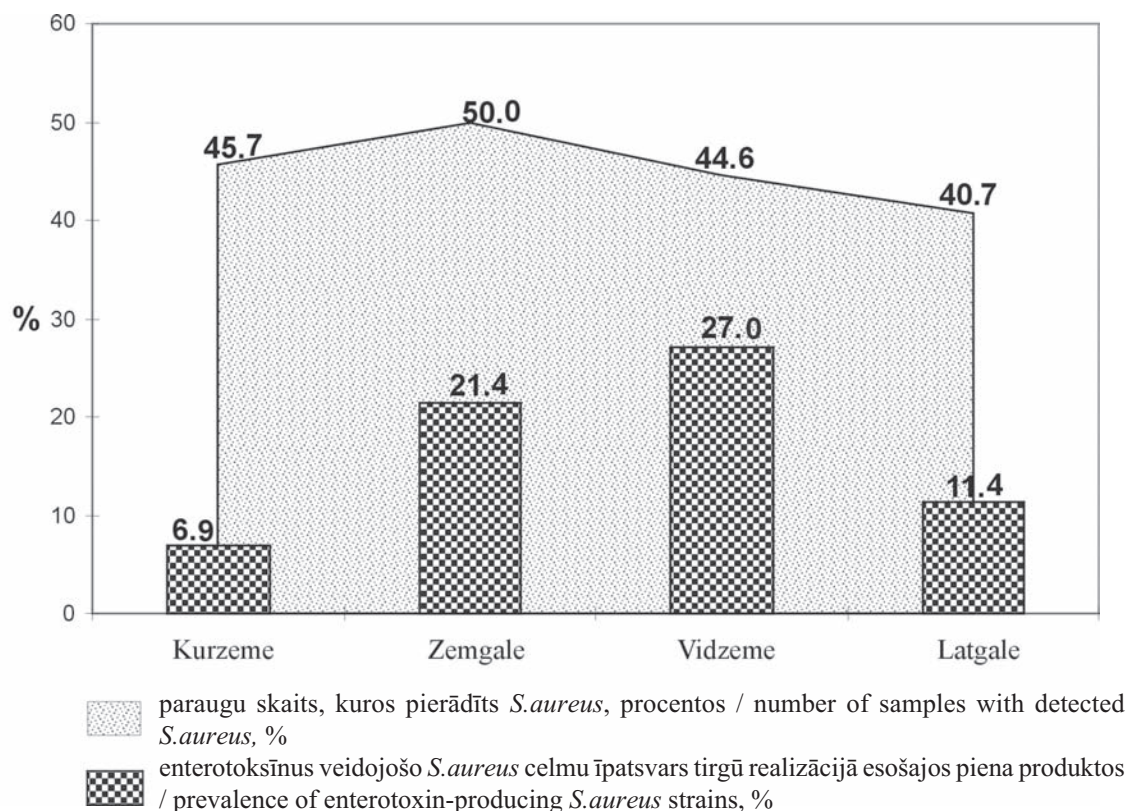
Jāatzīmē, ka arī citu autoru darbos izskanējis pieņēmums par noteiktas enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* populācijas prevalenci kādā noteiktā produktā vai pat vienā paraugā. Tā, norvēģu zinātnieki pierādījuši, ka 48.0% no viena piena parauga izdalītajām *S.aureus* kultūrām veidoja enterotoksīnus, bet pārējiem celmiem šī īpašība netika pierādīta (Loncarevic et al., 2005).

Vērtējot mūsu iegūtos rezultātus, var pieņemt, ka Latvijas tirgū realizācijā esošā piena un piena produktu primārais kontaminācijas ar *S.aureus* avots ir piens, kas iegūts saimniecībās, kurās govīm ir izplatīts *S.aureus* ierosinātais mastīts. Ir vairāk vai mazāk pieņēmumu, ko apstiprina citu autoru darbos publicētie dati (Cenci-Goga et al., 2003; Loncarevic et al., 2005).

Izpētot enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu sastopamību piena produktos, kas realizēti Latvijas reģionu tirgos, viens no galvenajiem mūsu darba uzdevumiem bija pārbaudīt, konkrēti kādus enterotoksīnu serotipus veido izdalītie *S.aureus* celmi. Izmeklēti 138 piena un piena produktu paraugi, kuros konstatēts *S.aureus*. No tiem 21 gadījumā izdalīti enterotoksīni (skat. 1. tabulu). Ar reversās pasīvās lateksa aglutinācijas metodi iegūtie rezultāti atspoguļoti 4. attēlā.

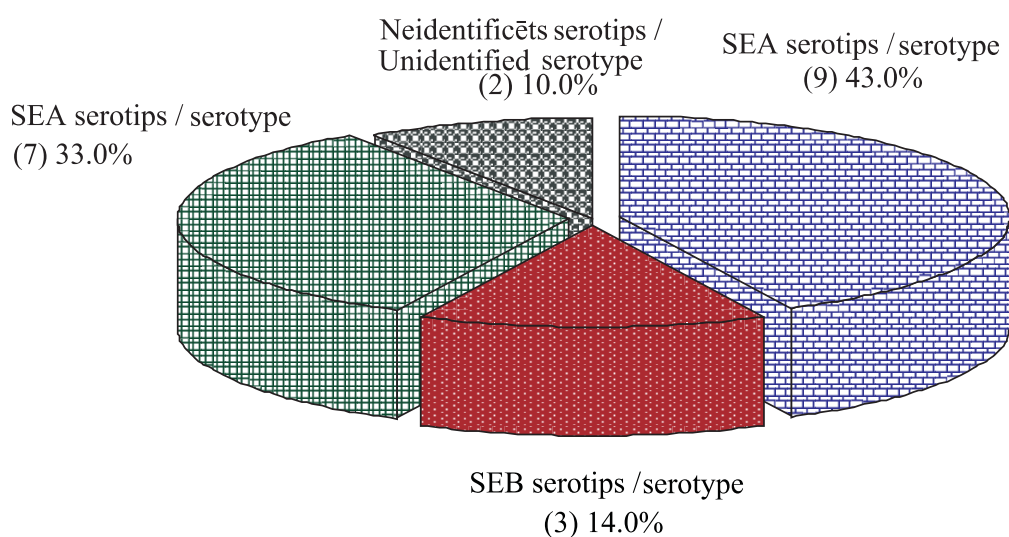
Redzams, ka 9 no 21 enterotoksīnus veidojošiem *S.aureus* pierādīta enterotoksīna A (SEA) veidošanās, savukārt 7 celmi veidoja enterotoksīnu C (SEC), bet 3 – enterotoksīnu B (SEB). Divus *S.aureus* celmu veidos enterotoksīnus seroloģiski identificēt mums neizdevās, jo ar reversās pasīvās lateksa aglutinācijas palīdzību iespējams identificēt tikai enterotoksīnu serotipus A, B, C un D. Datu statistiskās apstrādes rezultāti (Kohrana Q kritērijs = 4.333 un p-vērtība = 0.115) norāda, ka paraugu īpatsvars ar konstatētu enterotoksīnu ir praktiski vienāds pierādītajiem serotipiem.

Šie mūsu iegūtie rezultāti daļēji saskan ar literatūras datiem, kuros arī tiek akcentēts, ka tieši enterotoksīna



3. att. *Staphylococcus aureus* un enterotoksīnus veidojošo celmu īpatsvars tirgū realizētajā pienā un piena produktos Latvijas reģionos.

Fig. 3 . The prevalence of *Staphylococcus aureus* and enterotoxin-producing strains in milk and milk products marketed in Latvian regions.



4. att. *S.aureus* enterotoksīnu serotipi Latvijas tirgū esošajos piena produktos.

Fig. 4. *S.aureus* enterotoxin serotypes in milk products marketed in Latvia.

A un C serotipa veidojošos *S.aureus* celmus visbiežāk pasaulē izdala no pārtikas produktiem, t.sk. piena produktiem (Hung et al., 1993; Holeckova et al., 2002; Normanno et al., 2005). Jāatzīmē, ka enterotoksīnus veidojošie *S.aureus* celmi literatūrā tiek aprakstīti kā vieni no pārtikas saindēšanās izraisītājiem, un pēdējo gadu publikācijās atrodami dati par citu enterotoksīnu serotipu saistību ar pārtikas saindēšanās gadījumiem (Yamashita et al., 2003; Ikeda et al., 2005).

Tādēļ varam secināt, ka enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* celmu izplatība Latvijas tirgos realizētajā pienā un piena produktos mums joprojām ir aktuāla problēma. Turklāt jāņem vērā arī tendence izdalīt šobrīd vēl seroloģiski neidentificētus enterotoksīnu serotipus. Tas norāda uz stafilokoku populācijas mainību Latvijā un mudina turpināt pētījumus par enterotoksīnus veidojošo *S.aureus* sastopamību visos piena un piena produktu aprites posmos.

Secinājumi

1. Latvijas tirgū realizētajā pienā un piena produktos enterotoksīnus veidojošie *S.aureus* celmi sastopami 15.2% gadījumā.

2. *S.aureus* vairāk konstatēts krējuma un piena paraugos, bet enterotoksīnus veidojošo celmu īpatsvars attiecīgi ir lielāks biezpienā (29.4%) un krējumā (11.3%).

3. *S.aureus*, tajā skaitā enterotoksīnus veidojošie *S.aureus* celmi, ir sastopami visos Latvijas reģionos, bet ne vienādā daudzumā. Enterotoksīnus producējošo *S.aureus* celmu skaits nav tieši proporcionāls paraugu skaitam, kuros pierādīts *S.aureus*.

4. Visvairāk *S.aureus* pienā un piena produktos konstatēts Zemgales reģionā (50.0%), bet enterotoksīnus veidojošo celmu īpatsvars salīdzinoši lielāks ir Vidzemes reģionā (27.0 %).

5. Latvijas teritorijā tirgū realizācijā esošajā pienā un piena produktos izdalītie *S.aureus* celmi producē enterotoksīnu A (43.0%), C (33.0%) un B (14.0%).

Literatūra

1. Adams, M.R., Moss, M.O. (1995) *Food microbiology*. University of Surrey, Guildford, UK, pp. 205-210.
2. Adesiyun, A.A. (1995) Characteristics of *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine mastitis milk: bacteriophage and antimicrobial agent susceptibility and enterotoxigenicity. *Journal of veterinary medicine*, Vol.42, pp. 129-139.
3. Arhipova, I., Balina, S. (2003) *Statistika ekonomika: risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel*. Rīga: Datorzinību centrs, 349 lpp.
4. Bankes, P., Rose, A.S. (1989) Rapid detection of staphylococcal enterotoxins in foods with a modification of the reversed passive latex agglutination assay. *Journal of applied bacteriology*, Vol. 67, pp. 395-399.

5. Cenci-Goga, B.T., Karama, M., Rossitto, P.V., Morgante, R.A., Cullor, J.S. (2003) Research note on enterotoxin production by *Staphylococcus aureus* isolated from mastitis cows. *Journal of food protection*, Vol. 66, No. 9, pp. 1693-1696.
6. De Luca, G., Zanetti, F., Stampi, S. (1997) *Staphylococcus aureus* in dairy products in the Bologna area. *Int. journal of food microbiology*, Vol. 35, issue 3, pp. 267-270.
7. Halpin-Dohnalek, I.M., Marth, H.E. (1989) *Staphylococcus aureus*: production of extracellular compounds and behaviour in foods – a review. *Journal of food protection*, Vol. 52, No. 4, pp. 267-282.
8. Holeckova, B., Holoda, E., Fotta, M., Kalinacova, V., Gondol, J., Grolmus, J. (2002) Occurrence of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in food. *Ann. Agric. Environ. Med.*, Vol. 9, pp. 179-182.
9. Hung, S.S., Huang, T.P., Ko, H.C. (1993) Detection of staphylococcal enterotoxins in rice using enzyme immunoassay kits. *Journal of food and drug analysis*, Vol. 1, No. 3, pp. 297-304.
10. Ikeda, T., Tamate, N., Yamaguchi, K., Makino, S. (2005) Mass outbreak of food poisoning disease caused by small amounts of staphylococcal enterotoxins A and H. *Applied environmental microbiology*, Vol. 71, pp. 2793-2795.
11. Katsuda, K., Hata, E., Kobayashi, H., Kohmoto, M., Kawashima, K., Tsunemitsu, H., Eguchi, M. (2005) Molecular typing of *Staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitis milk on the basis of toxin genes and coagulase gene polymorphisms. *Veterinary microbiology*, Vol. 105, issues 3-4, pp. 301-305.
12. Loncarevic, S., Jorgensen, H.J., Lovseth, A., Mathisen, A., Rorvik, L.M. (2005) Diversity of *Staphylococcus aureus* enterotoxin types within single samples of raw milk and raw milk products. *Journal of applied microbiology*, Vol. 98, pp. 344- 350.
13. Miwa, N., Kawamura, A., Masuda, T., Akiyama, M. (2001) An outbreak of food poisoning due to egg yolk reaction-negative *Staphylococcus aureus*. *Int. journal of food microbiology*, Vol. 64, issue 3, pp. 361-366.
14. Normanno, G., Firinu, A., Virgilio, S. (2005) Coagulase-positive Staphylococci and *Staphylococcus aureus* in food products marketed in Italy. *Int. journal of food microbiology*, Vol. 98, issue 1, pp. 73-79.
15. Paura, L., Arhipova, I. (2002) *Neparametrisķas metodes: SPSS datorprogramma*. Jelgava: LLKC, 148 lpp.
16. Pimbley, D.W., Patel, P.D. (1998) A review of analytical methods for detection of bacterial toxins. *Toxins. Supplement to journal of applied microbiology*, Vol. 84, 98-109.
17. Sinell, H.J. (1980) *Einführung in die Lebensmittelhygiene*. Verlag Paul Paery, Berlin und Hamburg, 246 S.

18. Yamashita, K., Kanazawa, Y., Ueno, M., Ohta, H., Kitaguchi, M., Kawakami, T., Iwasaki, K., Tsujisawa, E., Morino, Y., Tabita, K. (2003) Significance of the detection of staphylococcal enterotoxin A gene in low fat milk which caused a serious outbreak of food poisoning. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*, Vol. 44, pp. 186- 190.
19. Zschock, M., Kloppert, B., Wolter, W., Hamann, H.P., Lammler, C. (2005) Pattern of enterotoxin genes seg, she, sei and sej positive *Staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitis. *Veterinary microbiology*, Vol. 21, pp. 324-331.

Elektrokardiogrammas QT intervāla izmaiņas vācu aitusuņu un kokerspanielu šķirnes dzīvniekiem premedikācijas un vispārējās anestēzijas laikā

Changes in ECG QT Interval in German Shepherd and Cocker Spaniel Dogs during Premedication and General Anaesthesia

Guntars Avdoško, Edīte Birģele

LLU Veterinārmedicīnas fakultātes Preklīnikas institūts, e-pasts: guntars_avdosko@apollo.lv
Preclinical institute of the Faculty of Veterinary Medicine, LLU, e-mail: guntars_avdosko@apollo.lv

Abstract. The influence of premedication (atropine sulphate together with acepromazine maleate), followed by general anaesthesia (ketamine hydrochloride together with diazepam), on the dynamics (s) of QT interval in 34 German Shepherd and 32 Cocker Spaniel dogs was investigated using electrocardiographical lead II. Premedication drugs atropine sulphate and acepromazine maleate led to significant increase in ECG QT interval in dogs; the degree of increase was practically the same for both Cocker Spaniels and German Shepherds. The total effect of general anaesthetics (narcosis drugs) ketamine hydrochloride and diazepam administered after premedication was manifested in a significant decrease of QT interval in dogs. Cocker Spaniels and German Shepherds are characterized by a dramatic and significant decrease of QT interval one minute after administration of narcosis drugs. In Cocker Spaniels the decrease of QT interval due to the total effect of ketamine hydrochloride and diazepam continued up to the 30th minute of anaesthesia. Dynamics of QT interval in dogs due to the total effect of such anaesthetics as ketamine hydrochloride and diazepam at definite time points of anaesthesia is greatly dependant on the breed of the animal, but not on the gender. The dependence of changes in QT interval on animal breed should be taken into consideration in practical veterinary medicine when working with breed animals.

Key words: dogs, electrocardiography, breed and sex, QT interval dynamics, drug combinations.

Ievads

Elektrokardiogrammas (EKG) QT intervāls rāda laiku viena sirds cikla periodā, kas ir nepieciešams, lai sirds kambaros varētu notikt depolarizācijas un repolarizācijas procesi. QT intervāls atspoguļo kopējo kambaru sistoles ilgumu. Tās laikā notiek kambaru miokarda uzbudinājums, sākot ar tā pirmajām izpausmēm kambaru starpsienā un papillārajos muskuļos līdz uzbudinājuma izgaišanai kambaru miokardā (Tilley et al., 1990; Tilley, 1992; Garson, 1993; Antzelevitch et al., 1998; Шварц и др., 2001; Campbell, Atwell, 2002; Мартин, Коркорэн, 2004; Kalvelis, 2005).

Cilvēkiem ir noskaidrots, ka QT intervāla pagarināšanos var ietekmēt dažādas anestētiskās vielas, ko izmanto ķirurģisku operāciju veikšanai, kā arī daudzi citi eksogēnie un endogēnie faktori (Booker et al., 2003; Cucchiaro, Rhodes, 2003; Testai et al., 2004; Sala et al., 2005). Kas attiecas uz suņiem, tad premedikācijas modelī (atropīna sulfāts kombinācijā ar acepromazīna maleātu) un anestēzijas modelī (ketamīna hidrohlorīds kombinācijā ar diazepāmu) šāda veida pētījumu datus mums literatūrā nav izdevies atrast.

Šī darba **galvenie uzdevumi** bija:

1) izpētīt QT intervāla dinamiku suņiem preme-

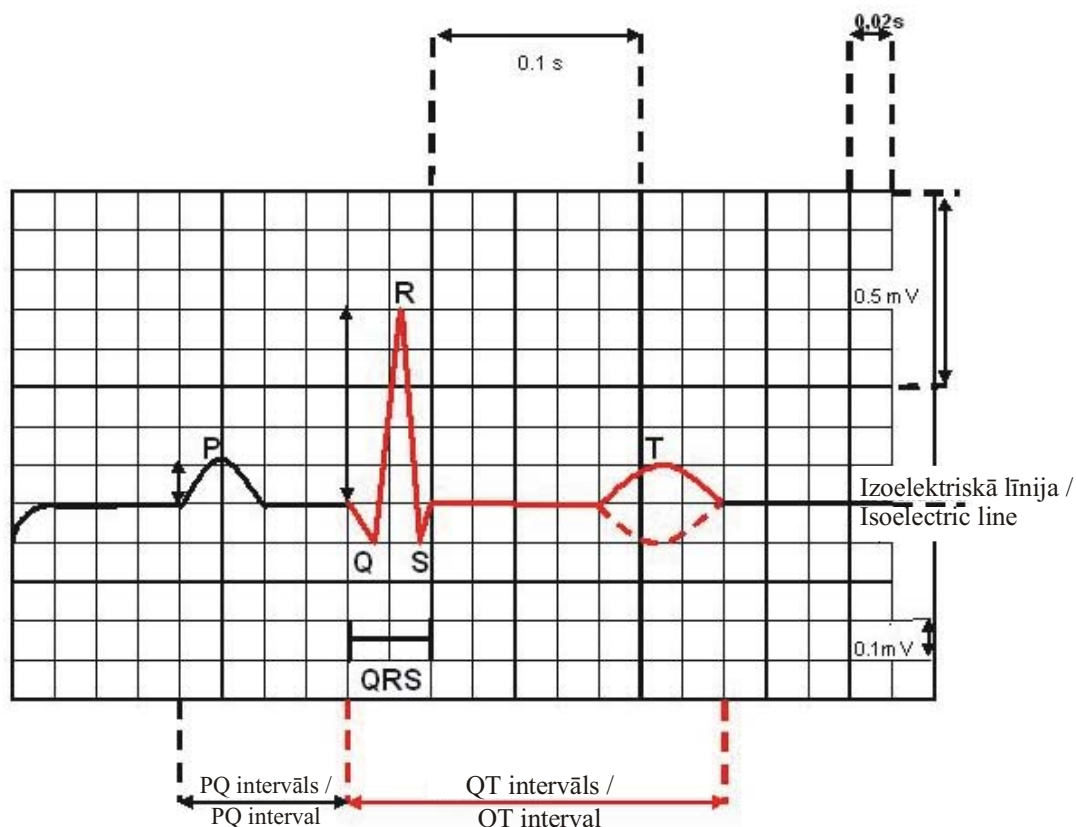
dikācijas un vispārējās anestēzijas laikā EKG II standartnovadījumā saistībā ar dzīvnieka šķirni un dzimumu;

2) izpētīt QT intervāla izmaiņu likumsakarības suņiem premedikācijas līdzekļu atropīna sulfāta un acepromazīna maleāta ietekmē, kā arī narkozes līdzekļa ketamīna hidrohlorīda – kombinācijā ar diazepāmu – ietekmē.

Materiāls un metodes

Pētījumiem izmantoti 34 vācu aitusuņu un 32 kokerspanielu šķirnes dzīvnieki. QT intervāla dinamika dzīvniekiem izejas stāvoklī, premedikācijas posmā un vispārējās anestēzijas laikā tika reģistrēta elektrokardiogrāfiski vienlaicīgi ar sirdsdarbības frekvenci un pārējiem sirds biopotenciāliem. EKG atsevišķo zobu un intervālu shēma II EKG standartnovadījumā atspoguļota 1. attēlā (Tilley et al., 1990; Tilley, 1992; Garson, 1993; Antzelevitch et al., 1998; Шварц и др., 2001; Мартин, Коркорэн, 2004; Kalvelis, 2005; u.c.).

Izmantojām Vācijā ražotu „SCHILLER” firmas elektrokardiogrāfu AT-1, kas ļauj strādāt ar 10 elektrokardiogrāfijas novadījumiem vienlaicīgi (elektrokardiogrammu reģistrācijas ātrums bija 50 mm s⁻¹).



1. att. EKG II standartnovadījuma shēma suņiem.
Fig. 1. The scheme of ECG II standard lead in dogs.

Elektrokardiogrāfijas laikā izmeklējamie dzīvnieki atradās labajā laterālajā guļā – priekškājas novietotas paralēli viena otrai un perpendikulāri ķermeņa gareniskajai asij, kā to esam aprakstījuši savos iepriekšējos darbos (Avdoško, Birģele, 2003a,b, 2004; Avdoško, 2003; u.c.) un kā to iesaka arī citi autori (Hill, 1968; Detweiler et al., 1970; Edwards, 1987; Rezakhani, 1990; Madron, 1991; Tilley, 1992; Bernal et al., 1995). Elektrokardiogrāfijas dati tika gan reģistrēti, gan vienlaicīgi ar speciālas mērījumu programmas palīdzību datorā apstrādāti. Automātiski tika reģistrēts QT intervāls, atsevišķo EKG parametru ilgums sekundēs (s) un to amplitūda milivoltos (mV).

Dzīvnieku premedikācijai izmantojām 0.054 % atropīna sulfāta šķīdumu (0.02 mg kg^{-1}) kombinācijā ar 1% acepromazīna maleāta šķīdumu (0.06 mg kg^{-1}), ko ievadījām intramuskulāri. Elektrokardiogrammas pieraksts premedikācijas laikā tika veikts 10 minūtes pēc intramuskulārās injekcijas.

Vispārējai anestēzijai (narkozei) lietojām pašreiz veterinārmedicīnā plaši izmantoto 5% ketamīna hidrohlorīda šķīdumu (6 mg kg^{-1}) kombinācijā ar 0.5% diazepāma šķīdumu (0.6 mg kg^{-1}). Narkozes līdzekļus suņiem ievadījām pleca zemādas vēnā (v. *cephalica*).

EKG QT intervāla dinamiku noteicām 1 minūti pēc intravenozās injekcijas, kā arī pēc 15, 30, 45 un 60 minūtēm.

Pētījumā izmantotie suņi iepriekš tika klīniski izmeklēti, tiem izdarīja sirds un lielo asinsvadu rentgenogrāfiju (laterālajā un dorsoventrālajā projekcijā), kā arī veica asins morfoloģisko un bioķīmisko izmeklēšanu. Visi pētījumā iekļautie dzīvnieki bija klīniski veseli.

EKG datu statistisko apstrādi veicām, izmantojot daudzfaktoru (šajā gadījumā divu “faktoru” – dzīvnieku šķirne un dzimums) dispersijas analīzes metodi (ANOVA), kā arī t-testu savstarpēji atkarīgu paraugkopu salīdzināšanai (Williams, 1996; Arhipova u.c., 1998; Miller, 2000).

Rezultāti

Apskatu sāksim ar QT intervāla dinamikas analīzi EKG II standartnovadījumā dzīvniekiem premedikācijas un vispārējās anestēzijas laikā saistībā ar diviem mūsu izpētītajiem “faktoriem” – suņu šķirni un dzimumu.

Pirmajā tabulā atspoguļoti EKG QT intervāla rādītāji vācu aitasuņu un kokerspanielu šķirnes dzīvniekiem pirms un pēc premedikācijas un anestezējošo līdzekļu

QT intervāla izmaiņu rakstura salīdzinājums (s) EKG II standartnovadījumā vācu aitu suņu un kokerspanielu šķirnes dzīvniekiem premedikācijā un vispārējās anestēzijas laikā
Comparison of changes in ECG II standard lead QT interval characteristics (s) between German Shepherd and Cocker Spaniel dogs during premedication and general anaesthesia

Izmeklējuma laiks / Time of observation	QT intervāla vidējās vērtības ± standartklūda / QT interval, mean ± MSE		Fišera statistika / Fisher's test	P-vērtība / P-value
	vācu aitu suņu šķirnei / in German Shepherds	kokerspanielu šķirnei / in Cocker Spaniels		
Izejas stāvoklis / Initial state	0.209 ± 0.0037	0.209 ± 0.0055	0.030	0.8630
10 min. pēc premedikācijas / after premedication	0.215 ± 0.0040	0.219 ± 0.0061	0.385	0.5376
1 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.202 ± 0.0038	0.206 ± 0.0057	0.186	0.6680
15 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.205 ± 0.0044	0.196 ± 0.0058	6.971	0.0108*
30 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.203 ± 0.0036	0.189 ± 0.0057	12.593	0.0008*
45 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.198 ± 0.0038	0.195 ± 0.0054	1.005	0.3206
60 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.199 ± 0.0046	0.197 ± 0.0062	0.176	0.6769

Premedikācija: 0.054% atropīna sulfāta šķīdums (0.02 mg kg⁻¹) kombinācijā ar 1% acepromazīna maleāta šķīdumu (0.06 mg kg⁻¹), injicējot intramuskulāri / **Premedication:** 0.054% atropine sulphate solution (0.02 mg kg⁻¹) in combination with a 1% acepromazine maleate solution (0.06 mg kg⁻¹) injected intramuscularly

Vispārējā anestēzija: 5% ketamīna hidrohlorīds (6 mg kg⁻¹) kombinācijā ar 0.5% diazepāma šķīdumu (0.6 mg kg⁻¹), injicējot intravenozi / **General anaesthesia:** 5% ketamine hydrochloride (6 mg kg⁻¹) in combination with a 0.5% diazepam solution (0.6 mg kg⁻¹) injected intravenously

* – atšķirība QT intervālu izmaiņā starp vācu aitu suņu un kokerspanielu šķirnes dzīvniekiem ir statistiski ticama / the differences in QT interval changes between German Shepherd and Cocker Spaniel dogs are statistically significant

ievadīšanas. Izrādās, ka QT intervālu garums II standartnovadījumā pirms premedikācijas līdzekļu atropīna sulfāta un acepromazīna maleāta ievadīšanas – tāpat dzīvniekiem izejas stāvoklī – vācu aitu suņiem un kokerspanieliem neatšķīrās. Arī EKG QT intervālu izmaiņu raksturs pēc premedikācijas līdzekļu ievadīšanas abu šķirņu dzīvniekiem ir līdzīgs – premedikācijas līdzekļi atropīna sulfāts kopā ar acepromazīna maleātu izraisa QT intervāla pagarināšanos, bet anestēzijas līdzekļi – lielāku vai mazāku tā saīsināšanās tendenci. Statistiski ticamas atšķirības starp abām suņu šķirnēm novēroja 15. un 30. minūtē pēc anestēzijas līdzekļu ievadīšanas (P attiecīgi – 0.0108 un 0.0008), kad QT intervāla garums vācu aitu suņiem bija būtiski lielāks nekā kokerspanieliem (skat. 1. tabulu).

Detalizētas EKG QT intervāla izmaiņas abu šķirņu suņiem premedikācijas un vispārējās anestēzijas laikā, un šo datu statistiskā ticamība atspoguļota 2. tabulā.

Redzams, ka 10 min. pēc premedikācijas līdzekļu

ievadīšanas QT intervāls pagarinās no 0.209±0.0037 s līdz 0.215±0.0040 s vācu aitu suņiem un no 0.209±0.0055 s līdz 0.219±0.0061 s kokerspanieliem (P attiecīgi – 0.0443 un 0.0500).

Ievadot anestēzijas līdzekļus, jau pirmajā minūtē QT intervāls abu šķirņu dzīvniekiem krasi saīsinājās, bet, sākot ar 15. minūti, QT intervāla dinamikā novēroja zināmas atšķirības: kokerspanieliem, ievadot ketamīna hidrohlorīdu kombinācijā ar diazepāmu, QT intervāls turpināja saīsināties vēl līdz 30. minūtei, kad tas vidēji sasniedza 0.189±0.0057 s, bet vācu aitu suņiem QT intervāla garumam tajā pašā laikā bija tendence palielināties – 30. minūtē tas sasniedza attiecīgi 0.203±0.0036 s (skat. 2. tabulu). QT intervāla rādītāji abu šķirņu dzīvniekiem izlīdzinājās 45. minūtē pēc anestēzijas līdzekļu ievadīšanas, tomēr šajā laika periodā QT intervāla garums vēl atšķīrās no izejas stāvoklī konstatētā gan vācu aitu suņiem (P=0.0025), gan kokerspanieliem (P=0.039).

EKG II standartnovadījuma QT intervāla (s) dinamika vācu aitusuņu un kokerspanielu šķirnes dzīvniekiem premedikācijas un vispārējās anestēzijas laikā
Changes in ECG II standard lead QT interval (s) dynamics in German Shepherd and Cocker Spaniel dogs during premedication and general anaesthesia

Izmeklējuma laiks / Time of observation	Vācu aitusuņu šķirne / German Shepherds			Kokerspanielu suņu šķirne / Cocker Spaniels		
	vidējā vērtība ± standartklūda / MSE	t- statis- tika / t-test	P-vērtība/ P-value	vidējā vērtība ± standartklūda / MSE	t- statis- tika / t-test	P-vērtība/ P-value
Izejas stāvoklis / Initial state	0.209 ± 0.0037			0.209 ± 0.0055		
10 min. pēc premedikācijas / after premedication	0.215 ± 0.0040	2.106	0.0443*	0.219 ± 0.0061	2.137	0.0500*
1 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.202 ± 0.0038	2.018	0.0533	0.206 ± 0.0057	0.379	0.7101
15 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.205 ± 0.0044	0.800	0.4310	0.196 ± 0.0058	1.578	0.1386
30 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.203 ± 0.0036	1.904	0.0690	0.189 ± 0.0057	2.691	0.0176*
45 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.198 ± 0.0038	3.378	0.0025*	0.195 ± 0.0054	2.320	0.0359*
60 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.199 ± 0.0046	2.934	0.0075*	0.197 ± 0.0062	1.857	0.0861

Premedikācija: 0.054% atropīna sulfāta šķīdums (0.02 mg kg⁻¹) kombinācijā ar 1% acepromazīna maleāta šķīdumu (0.06 mg kg⁻¹), injicējot intramuskulāri / **Premedication:** 0.054% atropine sulphate solution (0.02 mg kg⁻¹) in combination with a 1% acepromazine maleate solution (0.06 mg kg⁻¹) injected intramuscularly

Vispārējā anestēzija: 5% ketamīna hidrohlorīds (6 mg kg⁻¹) kombinācijā ar 0.5% diazepāma šķīdumu (0.6 mg kg⁻¹), injicējot intravenozi / **General anaesthesia:** 5% ketamine hydrochloride (6 mg kg⁻¹) in combination with a 0.5% diazepam solution (0.6 mg kg⁻¹) injected intravenously

* – statistiskā ticamība, salīdzinot ar izejas stāvokļa QT intervālu (s) (P = 0.05) / the differences compared to initial state are statistically significant (P = 0.05)

Vizuāli kopējā QT intervāla dinamika abu šķirņu dzīvniekiem premedikācijas un vispārējās anestēzijas laikā labāk pārskatāma 2. attēlā. Labi redzamas EKG QT intervāla garuma atšķirības, kādas tika reģistrētas vācu aitusuņu un kokerspanielu šķirnes dzīvniekiem 15 un 30 minūtes pēc anestēzijas līdzekļu ievadīšanas, kā arī QT intervālu garumu izlīdzināšanās abu šķirņu suņiem vienas stundas laikā pēc vispārējās anestēzijas. Redzams arī, ka stundu pēc ketamīna hidrohlorīda un diazepāma ievadīšanas QT intervāla garums vēl nebija atgriezies izejas stāvoklī.

Tātad kopumā var secināt, ka EKG QT intervāla garuma izmaiņas suņiem vispārējās anestēzijas laikā zināmā mērā ir saistītas ar „faktoru” suņa šķirne.

Trešā tabula atspoguļo pētījumu rezultātus par otrā „faktora” – suņa dzimuma – saistību ar QT intervāla dinamiku premedikācijas un vispārējās anestēzijas laikā.

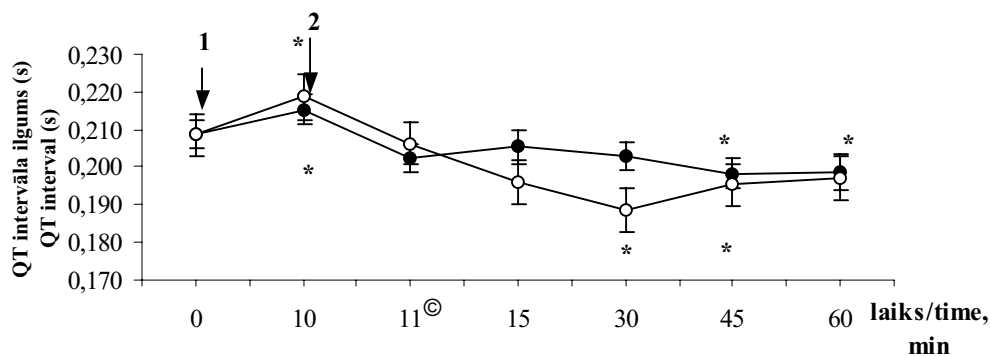
Izrādās, ka EKG QT intervāla garuma izmaiņas gan premedikācijas līdzekļu atropīna sulfāta un ace-

promazīna maleāta, gan vispārējās anestēzijas līdzekļu ketamīna hidrohlorīda kombinācijas ar diazepāmu ietekmē vīrišķā un sievišķā dzimuma suņiem ir līdzīgas. Tātad varam secināt, ka QT intervāla dinamika suņiem premedikācijas un vispārējās anestēzijas laikā nav saistīta ar „faktoru” dzīvnieka dzimums.

Diskusija

Pētījumi par premedikācijas un vispārējās anestēzijas (narkozes) līdzekļu ietekmi uz dzīvnieku atsevišķām orgānu sistēmām būtībā notiek nepārtraukti, jo tiek atklāti arvien jauni anestēzijā izmantojami farmakoloģiski preparāti un parādās jaunas to kombinācijas.

Kā zināms, tradicionālos premedikācijas līdzekļus – atropīna sulfātu un fenotiazīna grupas preparātus – izmanto dzīvnieku nomierināšanai, diskomforta mazināšanai, daļējai sāpju remdēšanai, kā arī lai atvieglotu anestēzijas iestāšanos, vienlaicīgi arī profilaktējot operāciju komplikācijas (Sawyer, Piermattey, 1992;



11© – 1 minūte pēc ketamīna hidrohlorīda un diazepāma injekcijas / 1 min. after ketamine hydrochloride and diazepam injection

* – P=0.05 pret izejas stāvokļa QT intervāla dinamiku (s) / the differences compared to initial state (0) are statistically significant (P = 0.05)

2. att. QT intervāla dinamika vācu aitušuņu (●) un kokerspanielu (○) šķirnei II standartnovadījumā:

1 – premedikācija (atropīna sulfāts 0.02 mg kg⁻¹ kombinācijā ar acepromazīna maleātu 0.06 mg kg⁻¹);

2 – vispārējā anestēzija (ketamīna hidrohlorīds 6 mg kg⁻¹ un diazepāms 0.6 mg kg⁻¹).

Fig. 2. QT interval dynamics of II Standard lead in German Shepherd (●) and Cocker Spaniel (○) dogs during: 1 – premedication (atropine sulphate 0.02 mg kg⁻¹ and acepromazine maleate 0.06 mg kg⁻¹); 2 – general anaesthesia (ketamine hydrochloride 6 mg kg⁻¹ and diazepam 0.6 mg kg⁻¹).

3. tabula

**EKG QT intervāla (s) dinamika II standartnovadījumā
vīrišķā un sievišķā dzimuma suņiem vispārējās anestēzijas laikā
Dynamics of ECG II standard lead QT interval (s) in dogs of both sex
during general anaesthesia**

Izmeklējuma laiks / Time of observation	QT intervāla vidējās vērtības ± standartkļūda / QT interval, mean ± MSE		Fišera statistika / Fisher's test	P-vērtība / P-value
	vīriešu kārtai / for males	sieviešu kārtai / for females		
Izejas stāvoklis / Initial state	0.210 ± 0.0038	0.204 ± 0.0041	0.738	0.3952
10 min. pēc premedikācijas / after premedication	0.218 ± 0.0040	0.215 ± 0.0037	0.178	0.6745
1 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.205 ± 0.0039	0.200 ± 0.0030	0.920	0.3414
15 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.204 ± 0.0049	0.201 ± 0.0035	1.690	0.1991
30 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.195 ± 0.0041	0.197 ± 0.0035	0.076	0.7843
45 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.197 ± 0.0036	0.196 ± 0.0037	0.012	0.9131
60 min. pēc anestēzijas / after anaesthesia	0.200 ± 0.0034	0.198 ± 0.0040	0.166	0.6851

Premedikācija: 0.054% atropīna sulfāta šķīdums (0.02 mg kg⁻¹) kombinācijā ar 1% acepromazīna maleāta šķīdumu (0.06 mg kg⁻¹), injicējot intramuskulāri / **Premedication:** 0.054% atropine sulphate solution (0.02 mg kg⁻¹) in combination with a 1% acepromazine maleate solution (0.06 mg kg⁻¹) injected intramuscularly

Vispārējā anestēzija: 5% ketamīna hidrohlorīds (6 mg kg⁻¹) kombinācijā ar 0.5% diazepāma šķīdumu (0.6 mg kg⁻¹), injicējot intravenozi / **General anaesthesia:** 5% ketamine hydrochloride (6 mg kg⁻¹) in combination with a 0.5% diazepam solution (0.6 mg kg⁻¹) injected intravenously

Хозгуд и др., 2000; Nicholson, Watson, 2001; Шебиз, Брасс, 2001; Мартов, 2003; Pang et al., 2005).

Mūsu iepriekšējie eksperimentālie pētījumi *in vitro*, kuros noskaidrojām abu minēto premedikācijas līdzekļu ietekmi uz izolētas vārdes sirds funkcionālajiem parametriem, pierādīja, ka atropīna sulfāts kopā ar acepromazīna maleātu šos parametrus ietekmē tieši (Avdoško, Birģele, 2002a). Tā kā vārdes sirds bija izolēta, tad tai nebija iespējams reaģēt uz dažādām sekundārām ietekmēm, kuras dzīvniekiem organismā noris caur centrālo nervu sistēmu (CNS). Secinājam, ka atropīna sulfāts kopā ar acepromazīna maleātu rada izmaiņas izolētas sirds vadītājsistēmas funkcijās, jo izmaiņas novēroja sirdsdarbības frekvencē, sirds muskuļa saraušanās spēka stiprumā un arī sirdsdarbības ritmā. Jāatzīmē, ka sirds vadītājsistēmas izmaiņas premedikācijas līdzekļu ietekmē pieļauj arī citi autori (Бондаренко и др., 1999; Хозгуд и др., 2000; Мартов, 2003).

Attiecībā uz suņiem mūsu pētījumi liecina, ka premedikācijas līdzekļu atropīna sulfāta un acepromazīna maleāta ietekmē notiek EKG QT intervāla pagarināšanās. Abu premedikācijas līdzekļu summārais efekts uz EKG QT intervālu suņiem bija tieši tāds pats kā *in vitro* to novērojām izolētām vārdes sirdīm – sirdsdarbības frekvence samazinājās (Avdoško, Birģele, 2002a), vienlaicīgi izraisot QT intervāla pagarināšanos. Turklāt šī pagarināšanās vienādā mērā noritēja kā vācu aitu suņu, tā kokerspanielu šķirnes dzīvniekiem, nedaudz atšķirās tikai QT intervāla absolūtie rādītāji.

Kas attiecas uz narkozes līdzekļu ketamīna hidrohlorīda un diazepāma ietekmi uz sirds-asinsrites sistēmu, tad, ņemot vērā to salīdzinoši pretējās iedarbības uz sirdi, pamatoti ir ieteikts vispārējās (neinhalācijas) anestēzijas sasniegšanai izmantot abu šo preparātu kombināciju (Haskins et al., 1986a,b; Haskins, 1992).

Jāuzsver, ka narkozes līdzekļu ketamīna hidrohlorīda un diazepāma summārā ietekme uz EKG QT intervālu (uz premedikācijas līdzekļu fona) mūsu pētījumos iekļautajiem abu šķirņu dzīvniekiem bija atšķirīga. Vispirms gan kokerspanieliem, gan vācu aitu suņiem QT intervāls pirmajā minūtē pēc narkozes līdzekļu ievadīšanas krasi saīsinājās. Tālāk vispārējās anestēzijas laikā 15. un 30. minūtē parādījās QT intervāla dinamikas ļoti nozīmīgā saistība ar „faktoru” dzīvnieka šķirne ($P = 0.01$). Kokerspanielu šķirnes dzīvniekiem līdz pat 30. minūtei pēc narkozes līdzekļu ievadīšanas QT intervāls turpināja strauji saīsināties, un tikai pēc tam tas sāka nedaudz pagarināties un izlīdzināties. Tajā pašā laikā vācu aitu suņu šķirnes dzīvniekiem, sākot jau ar 15. minūti pēc narkozes līdzekļu ievadīšanas, QT intervāla garums palielinājās. Tomēr abu šķirņu suņiem pat vienu stundu pēc vispārējās anestēzijas QT intervāls bija salīdzinoši īsāks nekā izejas stāvoklī (pirms premedikācijas līdzekļu ievadīšanas).

Tātad vēlreiz jāakcentē fakts, ka EKG QT intervāla garuma izmaiņas dažādos laikos pēc vispārējās

anestēzijas (narkozes) līdzekļu ievadīšanas lielākā vai mazākā mērā ir saistītas ar „faktoru” suņa šķirne.

Šī iespējamā QT intervāla dinamikas saistība ar suņa šķirni dzīvniekiem vispārējās neinhalācijas narkozes laikā noteikti jāņem vērā praktiskajā veterinārmedicīnā, strādājot ar šķirnes dzīvniekiem.

Nobeigumā jāuzsver, ka suņiem premedikācijas un vispārējās anestēzijas laikā izmantojot pašreiz plaši pielietoto neinhalācijas narkozes modeli, jāņem vērā, ka atropīna sulfāts un acepromazīna maleāts izraisa sirds bradikardiju (Avdoško, Birģele, 2003a, b; Avdoško, Birģele, 2002a, b), tādējādi pagarinot QT intervālu. Savukārt ketamīna hidrohlorīda un diazepāma kombinācija rada pretēju efektu – sirds tahikardiju (Avdoško, Birģele, 2003a, b), kas savukārt vispārējās anestēzijas laikā izraisa QT intervāla saīsināšanos. Turklāt anestēzijas laikā vienmēr jāņem vērā QT intervāla dinamikas iespējamās atšķirības dažādām suņu šķirnēm. QT intervāla izmaiņu saistība ar dzīvnieka dzimumu nav būtiska.

Secinājumi

1. EKG QT intervāls suņiem premedikācijas līdzekļu atropīna sulfāta un acepromazīna maleāta ietekmē būtiski pagarinājās; pagarināšanās pakāpe gan kokerspanielu, gan vācu aitu suņu šķirnes dzīvniekiem praktiski bija vienāda.

2. Vispārējās anestēzijas (narkozes) līdzekļu ketamīna hidrohlorīda un diazepāma summārais efekts (uz premedikācijas līdzekļu iedarbības fona) suņiem izpausās kā QT intervāla būtiska samazināšanās.

3. QT intervāla dinamika suņiem narkozes līdzekļu ketamīna hidrohlorīda un diazepāma summārajā ietekmē atsevišķos anestēzijas laika periodos ir būtiski saistīta ar dzīvnieka šķirni, bet nav saistīta ar dzīvnieka dzimumu.

4. Kokerspanielu un vācu aitu suņu šķirnes dzīvniekiem minūti pēc narkozes līdzekļu ievadīšanas ir raksturīgs ļoti krass un būtisks QT intervāla samazinājums. Kokerspanielu šķirnes suņiem QT intervāla samazinājums ketamīna hidrohlorīda un diazepāma summārajā ietekmē vēl turpinājās līdz 30. anestēzijas minūtei.

Literatūra

1. Antzelevitch, C., Shimizu, W., Yan, G. X., Sicouri, S. (1998) Cellular basis for QT dispersion. *Journal of Electrocardiology*, V. 30, Supplement, pp. 168-172.
2. Arhipova, I., Ramute, L., Paura, L. (1998) *Datu statistiskā apstrāde ar MS Excel*. LLU, Jelgava, 7.-157. lpp.
3. Avdoško, G. (2003) Changes in Dog's Electrocardiography P-Wave During Anesthesia. *Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti*, Nr. 9 (304), Jelgava, pp. 14-19.
4. Avdoško, G., Birģele, E. (2004) EKG PQ intervāla izmaiņas kokerspanielu un vācu aitu šķirnes suņiem premedikācijas un vispārējās anestēzijas laikā. *Starp-tautiskās zinātniskās konferences „Dzīvnieki*.

Veselība. Pārtikas higiēna" Raksti, lpp. 21-27.

5. Avdoško, G., Birģele, E. (2003a) Changes in dogs heart rate frequency during anesthesia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, Section B, Vol. 57, No. 6, pp. 224-228.

6. Avdoško, G., Birģele, E. (2003b) Influence of some anesthetic drugs on the heart rate frequency of dogs. *Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti*, Nr. 9 (304), Jelgava, pp. 8-14.

7. Avdoško, G., Birģele, E. (2002a) Atropīna sulfāta un acepromazīna maleāta ietekme uz sirds fizioloģiskajiem rādītājiem. *Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti*, Nr. 6 (301), Jelgava, lpp. 15-21.

8. Avdoško, G., Birģele, E. (2002b) Narkozes līdzekļu ketamīna hidrohlorīda un diazepamā ietekme uz sirds funkcionālo stāvokli. *Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Raksti*, Nr. 7 (302), Jelgava, lpp. 40-48.

9. Bernal, L. J., Montes, A. M., Fdez del Palazio, M. J., Gutierrez, P. C. (1995) Electrocardiographic changes in the growing Mastin Espanol. *Journal of Small Animal Practice*, V. 36, No. 2, pp. 221-228.

10. Booker, P. D., Whyte, S. D., Landusan, E. J. (2003) Long Q-T syndrome and anaesthesia. *Br. J. Anaesth.*, Vol. 90, No. 3, pp. 349-366.

11. Campbell, P. E., Atwell, R. B. (2002) Long QT syndrome in dogs with tick toxicity (*Ixodes holocyclus*). *Australian Veterinary Journal*, V. 80, No. 10, pp. 100-109.

12. Cucchiari, G., Rhodes, A. L. (2003) Unusual presentation of long Q-T syndrome. *Br. J. Anaesth.*, Vol. 90, No. 6, pp. 804-807.

13. Detweiler, D. K., Buchanan, J. W., Fregin, G. F., Hill, J. D. (1970) Cardiovascular system/heart. In: *The Beagle as an Experimental dog* (A. C. Andersen and L. S. Good, eds.). Iowa State University Press, Ames, Iowa, pp. 232-246.

14. Edwards, N. J. (1987) *Bolton's Handbook of Canine and Feline Electrocardiography*, 2nd edition. W. B. Saunders Company, 381 pp.

15. Garson, A. (1993) How to measure the QT interval – what is normal? *The American Journal of Cardiology*, V. 72, August 26, pp. 14B-16B.

16. Haskins, S. C. (1992) Injectable anesthetics. The Veterinary Clinics of North America. *J. Vet. Res.*, Vol. 22, No. 2, pp. 297-308.

17. Haskins, S. C., Farver, T. B., Patz, J. D. (1986a) Cardiopulmonary effects of acepromazine and the subsequent administration of ketamine in the dog. *Am. J. Vet. Res.*, Vol. 47, No. 3, pp. 631-635.

18. Haskins, C. S., Farver, B. T., Patz, D. J. (1986b) Cardiovascular changes in dogs given diazepam and diazepam-ketamine. *J. Vet. Res.*, Vol. 47, No. 4, pp. 795-798.

19. Hill, J. D. (1968) The significance of foreleg positions in the interpretation of electrocardiograms and vectorcardiograms from research animals. *American Heart Journal*, V. 75, No. 4, pp. 518-527.

20. Kalvelis, A. (2005) *Nearitmiskā elektro-*

kardioloģija. Izdevniecība: SIA Nacionālais apgāds, 176 lpp.

21. Madron, E. (1991) Malignant pericardial effusion in dogs: seven cases. Clinical, electrocardiographic, radiographic, and echocardiographic aspects. *The European Journal of Companion Animal Practice*, V. 1, No. 2, pp. 52-62.

22. Miller, R. D. (2000) *Anesthesia*. Philadelphia: Churchill Livingstone, 797 pp.

23. Nicholson, A., Watson, A. (2001) Survey on small animal anaesthesia. *Aust. Vet. J.*, Vol. 79, No. 9, pp. 613-619.

24. Pang, D., Rondenay, Y., Hélie, P., Cuvelliez, S. G., Troncy, E. (2005) Sudden cardiac death associated with occult hypertrophic cardiomyopathy in a dog under anesthesia. *Can. Vet. J.*, Vol. 46, No. 12, pp. 1122-1125.

25. Rezakhani, A. (1990) Electrocardiographic values of german shepherd dogs. *Australian Veterinary Journal*, V. 67, No. 8, August, pp. 307-309.

26. Sala, M., Vicentini, A., Brambilla, P., Montomoli, C., Jogia, J. R., Caverzasi, E., Bonzano, A., Piccinelli, M., Barale, F., De Ferrari, G. M. (2005) QT interval prolongation related to psychoactive drug treatment: a comparison of monotherapy versus polytherapy. *Ann. Gen. Psychiatry*, V. 25, No. 4, Jan., pp. 1.

27. Sawyer, D. C., Piermattei, D. (1992) *The practice of small animals anesthesia*. Part 1, USA, Saunders company, 108 pp.

28. Testai, L., Calderone, V., Salvadori, A., Breschi, M. C., Nieri, P., Martinotti, E. (2004) QT prolongation in anaesthetized guinea-pigs: an experimental approach for preliminary screening of torsadogenicity of drugs and drug candidates. *J. Appl. Toxicol.*, V. 24, No. 3, May-June, pp. 217-222.

29. Tilley, L. P. (1992) Interpretation and treatment. In: *Essentials of Canine and Feline Electrocardiography*. 3rd edition, Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 5-49.

30. Tilley, L. P., Smith, F. W. K., Miller, S. M. (1990) *Cardiology: Pocket Reference*. AAHA, Denver, 94 pp.

31. Williams, B. (1996) *Biostatistics. Concepts and applications for biologist*. London: Chapman & Hall, 201 pp.

32. Бондаренко, С. В., Малкова, Н. В. (1999) *Электрокардиография собак*. М: Аквариум, 94 с.

33. Мартин, М. В. С., Коркорэн, Б. М. (2004) *Кардиореспираторные заболевания собак и кошек*. Аквариум ЛТД, М., 482 с.

34. Мартов, В. Ю. (2003) *Лекарственные средства в анестезиологии*. Мед. лит., М., 304 с.

35. Хозгуд, Ж., Хоскинс, Дж., Девидсон, Ж., Смит, Дж. (2000) *Терапия и хирургия щенков и котят*. Аквариум ЛТД, М., 688 с.

36. Шварц, С., Шайерс, Д., Спенсер, Ф. (2001) *Клиническая электрокардиография*. СПб.: Питер, 384 с.

37. Шебиц, Х., Брасс, В. (2001) *Оперативная хирургия собак и кошек*. Аквариум ЛТД, М., 512 с.

Sarkanā ozola *Quercus rubra* L. mežaudzes Šķēdes mežu novadā Stands of Red Oak *Quercus rubra* L. in Skede Forest District

Andrejs Dreimanis, Viesturs Šulcs

LLU Mežkopības katedra, e-pasts: Andrejs.Dreimanis@llu.lv; Viesturs.Sulcs@llu.lv
Department of Silviculture, LLU, e-mail: Andrejs.Dreimanis@llu.lv; Viesturs.Sulcs@llu.lv

Abstract. The propagation of introduced tree species in the forests of Skede forest district began at the end of the 19th century. The monitoring of growth of red oak stands has been carried out irregularly till now. During the last 10 years the most relevant parameters – mean diameter, height of stands, basal area, and volume of stands – have been researched. The results show that red oak stands in Talsi hill-land on loam moraine soils are productive. The mean diameter of the main storey in 59-67 year-old red oak stands exceeds 29-32 cm. The volume of stands varies between 440 and 585 m³ ha⁻¹. In the stands where the tree number is between 730-1170 trees per hectare, red oak loses its green crown; there is also decrease in the diameter and stagnation of stand volume increment. The stands with a bigger number of trees outweigh other stands of the same age in basal area and stand volume but fall behind in the mean diameter and stem volume.

Key words: introduced species, red oak, productivity.

Ievads

Sarkanais ozols no Ziemeļamerikas Eiropā ir introducēts 1691. gadā, bet Vācijā – 1740. gadā (Lüdemann, S.a.). Pakāpeniski to ieaudzēja daudzās citās valstīs, tajā skaitā arī Latvijā. Mežu pētīšanas stacijas Šķēdes novada mežos 2002. gadā sarkanā ozola audzes aizņēma 14.5 ha lielu platību. Tā stādījumu ierīkošana minēta Šķēdes muižas 1885. gada mežierības projekta atzīmēs. Precīza sēklu materiāla izcelsme ierīkotajām audzēm nav zināma. Pēc Otrā pasaules kara sarkanā ozola stādu izaudzēšanai izmantots vietējais, Šķēdē iegūtais sēklu materiāls. Jāņem vērā, ka māteskoki ir bijuši pakļauti

dabiskai izlasei aptuveni 40-50 gadu ilgā periodā, tajā skaitā ļoti bargajā 1939./40. gada ziemā.

Materiāli un metodes

Pētījuma materiāli ievākti Mežu pētīšanas stacijas Šķēdes novadā ledāja kušanas ūdeņu veidotajā paugurainē, kur bieži sastopamas auglīgas māla un smilšmāla augsnes. Šķēdes mežu novada klimatiskais raksturojums atrodams A. Dreimaņa (2001) publikācijā. Jāatzīmē, ka absolūtais temperatūras minimums tuvākajā Stendes meteoroloģiskajā stacijā nav pārsniedzis -36 °C, bet maksimums – +35 °C. Audžu

1. tabula / Table 1

Sarkanā ozola parauglaukumu raksturojums Šķēdes mežu novadā
Characteristic of red oak sample plots in Skede forest district

Kvartāls / Compartment	Nogabals / Forest plot	Parauglaukuma platība, ha / Area of the sample plot, ha	Koku skaits / Number of trees	Parauglaukuma koordinātes / Coordinates of the sample plot
3	17	0.264	194	57°16.273 22°42.814
14	21	0.060	47	57°14.588 22°37.875
14	21	0.136	124	57°14.627 22°37.859
18	1	0.232	224	57°14.828 22°39.972
18	1	0.202	237	57°14.828 22°39.972
19	1	0.185	154	57°14.582 22°37.871
19	1	0.175	181	57°14.582 22°37.871

uzmērījumi veikti 6 pastāvīgajos parauglaukumos, kas ierīkoti 1994. gadā, bet viens ierīkts 2004. gadā. To forma – taisnstūrveida vai trapecveida atkarībā no audzes rakstura. Parauglaukumu atrašanās vietas koordinātes, meža kvartāls un nogabals (2003. gada meža inventarizācijas dati), platība un kopējais koku skaits parauglaukumā apkopot 1. tabulā. Parauglaukumu platības lielums ir robežās no 0.136 līdz 0.264 ha, izņemot 14. kvartāla 1. parauglaukumu ar 47 kokiem un 0.06 ha lielu platību. Koku skaits pārējos parauglaukumos ir robežās no 124 līdz 237. Visu parauglaukumos augošo koku caurmērs noteikts ar 1 mm precizitāti, kas dod iespēju precīzāk noteikt stumbra caurmēra un tilpuma pieaugumu. Koku sugas augstumlīknes vienādojuma un izlīdzināto augstumu aprēķināšanai uzņemti 12-25 dažādu caurmēra pakāpju koki. Koku augstumi mērīti ar eklimetra tipa „Suunto” firmas augstummēru. Stumbra tilpums noteikts kā tā šķērslaukuma, augstuma un veidskaitļa reizinājums. Aprēķinos izmantotas Vācijā izmantotās sarkanā ozola stumbra veidskaitļu aprēķināšanas formulas (Richtlinien und Tabellen ..., 1986). Vietējo koku sugu stumbra tilpumi aprēķināti pēc I. Liepas (1996) formulām. Stumbra tilpumi un audzes krājas aprēķinātas, izmantojot izmērīto koku caurmērus un audzes koku izlīdzinātos augstumus. Galvenajā audzē iekļauti 1.-3. Krafta klases koki, bet starpauzē – 4.-5. klases koki.

Rezultāti un diskusija

Sarkanā ozola *Quercus rubra* L. (*Q. borealis* Michx. F., *Q. borealis* var. *maxima* (Marsch.) Ashe) dabiskais areāls Ziemeļamerikā ir visai plašs (Roloff, Bärtels, 1996). Tas plešas starp 33-37 ziemeļu platuma grādu (Kramer, 1989). Sastopams Kanādā un ASV austrumu daļā. Ziemeļos areāls sasniedz Ontārio un Kvebekas provinces dienviddaļu Kanādas austrumos, ASV sastopams pie Lielajiem ezeriem, aizņem lielu daļu no Misisipi baseina, bet dienvidos plešas līdz Atlantai. Apalaču kalnos sastopams pat 1500 m augstumā virs jūras līmeņa.

Dabiskajā areālā sarkanais ozols galvenokārt veido mistraudzes ar vietējām skuju un lapu koku sugām. Tīraudzes sastopamas reti. Sastopams dažādas augsnēs, bet vislabāk aug dziļās māla augsnēs. Necieš augstus, tāpat arī stāvošus gruntsūdeņus. Dabiskajā areālā vislabāko augšanu uzrāda apstākļos ar gada nokrišņu summu 1000 mm, vidējo temperatūru 11-14 °C un bezsala periodu 150 dienu garumā (Dengler, 1992). Gaismas prasība jaunībā mazāka nekā lielākā vecumā. Jaunībā labi aug garumā, pat ja apgaismojums sasniedz tikai 15-30% no pilna apgaismojuma klajā laukā. Vēlāk vajadzība pēc gaismas palielinās. Labi apgaismoti vainagi vecākās audzēs nodrošina labu caurmēra pieaugumu un resnu stumbru veidošanos. Audžu malās sarkanais ozols bieži izteikti tiecas pēc labāka apgaismojuma, veido likumainus stumbrus un resnus zarus. Pirmajos desmit dzīves gados garuma pieaugums

labā apgaismojumā var sasniegt 70 cm gadā. Labās augsnēs Ohaio štatā koki audzēs sasniedz 30 m augstumu (maksimāli 45 m) un stumbra caurmēru 60-90 cm (Dengler, 1992).

Sarkanais ozols Eiropā mežaudzēs stādīts no 18. gs. sākuma. Latvijā introducēts 19. gs. pirmajā pusē. Meža stādījumos sākts audzēt 19. gs. beigās un 20. gs. sākumā (Мауринь, 1959). Šķēdes novada mistraudzēs kopā ar Veimuta priedi un parasto egli sarkanais ozols sasniedz 25 m augstumu, bet stumbra diametru – 56 cm. Augļus ražojošie koki pietiekamā daudzumā dod vietējo sēklas materiālu. No vietējām sēklām izaugušie koki ir labāk pielāgojušies vietējiem klimatiskajiem apstākļiem (Ozols, 1959a, 1959b).

Pētījumi Latvijā 20. gs. vidū liecina, ka sarkanā ozola ziemciētība ir ievērojami paaugstinājusies (Mauriņš, 1963). Tas ir izturīgs pret nelabvēlīgajiem klimatiskajiem apstākļiem. Tikai ļoti reti, īpaši aukstās ziemās (1939./1940. g. un 1955./1956. g.), novēroti sala bojājumi: izsaluši pumpuri un daļa jauno dzinumus, retāk nosalusi daļa resnāko zaru (Lange, 1957). 1978./1979. gada ziemā Madonas rajonā (Iedzēnos un Jaunkalsnavā) sarkanais ozols nav cietis (Šmaukstelis, Igaunis, 1982). Jūtīgāks pret temperatūras izmaiņām nekā parastais ozols, dažkārt cieš pavasara salnās (Saliņš, 1971).

Sarkanais ozols pēc augsnes auglības ir mazprasīgāks, ātraudzīgāks un ēncietīgāks, pret kaitēkļiem un slimībām izturīgāks nekā parastais ozols. Sarkanajam ozolam caurmēra un tekošais stumbra tilpuma pieaugums kulminē ap 40 gadiem, parastajam ozolam tikai 80-90 gadu vecumā (Mūrnieks, 1964). Audzes krāja 55-60 gadu vecumā sasniedz 600-650 m³ ha⁻¹. Vācijā Švarcvaldes priekškalnēs 70 gadu vecumā sarkanais ozols ir par 4 m garāks nekā parastais ozols.

Pēc P. Mūrnieka (1964) datiem, vecākā sarkanā ozola kultūra Latvijā ir ierīkota 1902. gadā Šķēdes novadā. Tās vidējais augstums ir 25 m, vidējais stumbra caurmērs – 37 cm. Tātad sarkanais ozols ir ātraudzīgāks par parasto ozolu, bet koksnes mehāniskākās īpašības ir līdzvērtīgas. Sarkanais ozols atšķirībā no parastā ozola neslimo ar miltrasu. Vācijā 100 gadu vecumā sarkanais ozols 1. bonitātes audzēs sasniedz 32 m augstumu un 442 m³ lielu krāju uz hektāra.

Sarkanā ozola ieaudzēšanai piemērotākie meža augšanas apstākļu tipi ir vēris un gārša, bet pietiekami produktīvas mežaudzes veido arī damaksnī. Bāziskās, kā arī smaga mehāniskā sastāva un slapjās augsnēs aug slikti. Lapu nobiras uzlabo augsni, tāpēc nereti to audzē mistrojumā ar parasto priedi (Mangalis, 2004).

Koksnei ir gaišdzeltena vai gaišpelēka aplieva un iesarkans vai brūngans kodols. Koksne ir viegli apstrādājama, lai gan grūtāk ēvelējama. To bieži izmanto lobītā un drāztā finiera iegūšanai. Koksnes gadskārtas labos augšanas apstākļos ir platas, kas var samazināt koksnes realizācijas cenu.

Pirmie sarkanie ozoli Šķēdes mežu novadā iestādīti

mežaudzes malā pie bijušās mežniecības ēkas, kā arī gar ceļu uz Talsiem. Šo koku uzmērījumi atspoguļoti Mūrnieka (1964) publikācijā. Šie stādījumi kalpojuši sēklu ieguvei, stādāmā materiāla izaudzēšanai un turpmāko stādījumu ierīkošanai. Šķēdes novada 3. kvartāla 17. nogabalā, kā liecina 1962. gada mežierīcības materiāli, 1946. gadā ierīkots sarkanā ozola sējums, kas 2004. gadā bija 59 gadus vecs. Audzes taksācijas rādītāju dinamika redzama 2. tabulā. 1962. gadā jaunaudzes vecumā audzes sastāvs ir bijis 5Soz 5B + E₁₇. Kopšanas cirtēs vairums bērzu izcirsti, palikušo bērzu un dabiskas izcelsmes ozolu skaits 2004. gadā bija nedaudz lielāks par 10% no koku kopskaita.

Sarkanā ozola audze ierīkota ar pietiekamu biežumu,

tādēļ kopējais koku skaits 1994. gadā nepārsniedza 770 koku uz 1 ha. To var uzskatīt par optimālu salīdzinājumā ar citām šīs sugas mežaudzēm. Pēdējā desmitgadē turpinās sarkanā ozola caurmēra pieaugums, kas galvenās audzes vidējam kokam sasniedzis 3.5 cm. Sarkanā ozola galvenās audzes šķērslaukums 59 gadu vecumā sasniedza 39 m² ha⁻¹, bet krāja – 446 m³ ha⁻¹, kas liecina par ievērojamu sarkanā ozola augšanas potenciālu. Sarkanā ozola vidējais caurmērs galvenajā audzē sasniedz 29 cm, bet augstums – 24 m. Citu sugu piemistrojums audzē ir nenozīmīgs un to kopējā krāja nepārsniedz 10%. Piemistrojumā esošais bērzs nepārsniedz sarkanā ozola dimensijas, bet parastais ozols augšanā atpaliek. Sarkanais ozols šeit veido relatīvi

2. tabula / Table 2

**Sarkanā ozola audze Šķēdes novada 3. kvartāla 17. nogabalā vēra
meža augšanas apstākļu tipā 2003. gadā**

Red oak stand in Skede forest district (compartment No. 3-17) in an Oxalidosa forest site type in 2003

Audze / Stand	Suga / Species	Koki / Trees, ha ⁻¹	G, m ² ha ⁻¹	M, m ³ ha ⁻¹	V, m ³	D _g , cm	H _g , m
1994. gadā 49 gadus veca / 49 years old in 1994							
Galvenā audze / Main stand	Soz	591	30.1	321.1	0.54	25.5	22.5
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	83	0.8	5.1	0.06	11.1	14.1
	B	38	2.1	23.2	0.61	26.9	23.9
	Oz	57	1.7	16.3	0.29	19.5	20.4
Kopā / Total		769	34.7	365.7			
1999. gadā 54 gadus veca / 54 years old in 1999							
	B	34	1.9	20.8	0.60	26.9	24.0
	Oz	57	1.9	18.6	0.33	20.5	21.0
Galvenā audze / Main stand	Soz	595	34.4	377.1	0.63	27.1	23.2
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	80	0.8	5.5	0.07	11.6	14.5
Kopā / Total		766	39.0	422.0			
2004. gadā 59 gadus veca / 59 years old in 2004							
Galvenā audze / Main stand	Soz	595	39.2	440.6	0.74	29.0	23.8
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	76	0.8	5.6	0.07	11.8	14.8
	B	34	2.1	23.4	0.69	28.3	24.5
	Oz	30	1.4	15.0	0.49	24.4	22.9
Kopā / Total		735	43.5	484.6			

Apzīmējumi / Notations: Soz – sarkanais ozols / red oak (*Quercus rubra* L.)

B – kārpainais bērzs / silver birch (*Betula pendula* Roth.)

Oz – parastais ozols / English oak (*Quercus robur* L.)

G, m² ha⁻¹ – audzes šķērslaukums / stand basal area

M, m³ ha⁻¹ – audzes krāja / stand volume

D_g, cm – vidējais krūšaugstuma caurmērs / mean diameter at breast height

H_g, cm – vidējais augstums / mean height

V, m³ – stumbra tilpums / stem volume

Sarkanā ozola audze Šķēdes novada 14. kvartāla 21. nogabala
1. parauglaukumā vēra meža augšanas apstākļu tipā 2003. gadā
Red oak stand on the 1st research plot of Skede forest district (compartment No. 14-21) in an Oxalidoso forest site type in 2003

Audze / Stand	Suga / Species	Koki / Trees, ha ⁻¹	G, m ² ha ⁻¹	M, m ³ ha ⁻¹	V, m ³	D _g , cm	H _g , m
1994. gadā 57 gadus veca / 57 years old in 1994							
Galvenā audze / Main stand	Soz	600	39.5	449.7	0.75	29.0	24.6
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	150	2.2	18.4	0.12	13.8	17.6
	E	17	0.9	10.3	0.62	26.2	23.7
	Oz	17	6.4	99.7	5.98	70.2	33.0
Kopā / Total		784	49.0	578.1			
2004. gadā 67 gadus veca / 67 years old in 2004							
Galvenā audze / Main stand	Soz	600	49.3	584.9	0.97	31.7	25.3
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	150	2.4	24.5	0.16	14.3	17.8
	E	17	1.0	11.9	0.72	28.1	24.3
	Oz	17	7.3	114.9	6.89	74.8	33.6
Kopā / Total		784	60.0	736.2			

Apzīmējumi / Notations: E – parastā egļu / Norway spruce (*Picea abies* (L.) karst.)

Pārējie apzīmējumi – skat. 1. tabulu / Other notations – see Table 1

taisnus un labas kvalitātes stumbrus. Starpaudzes (4. un 5. Krafsta klase) koki augšanā ievērojami atpaliek. Sarkanā ozola krājas vidējā izmaiņa audzes dzīves viena gada laikā ir 7.46 m³ ha⁻¹, bet pēdējā desmitgadē ievērojami lielāka – 11.95 m³ ha⁻¹. Tas liecina par ievērojamu koksnes pieaugumu 50-60 gadu vecumā. Sarkanā ozola vidējais stumbra tilpums sasniedz 0.74

m³. Audzē veicama kopšanas cirte, lai samazinātu koku skaitu un veicinātu labāko koku pieaugumu resnām.

Divas vecākās sarkanā ozola audzes aug Šķēdes novada 14. kvartāla 21. nogabalā netālu viena no otras, kas ierīkotas 1938. gadā. Koku skaits 1. parauglaukumā ir nedaudz mazāks par 800 kokiem uz 1 hektāru (3. tabula) un līdzinās audzes biezumam 3. kvartāla audzē.

Sarkanā ozola audze Šķēdes novada 14. kvartāla 21. nogabala
2. parauglaukumā vēra meža augšanas apstākļu tipā 2003. gadā
Red oak stand on the 2nd research plot of Skede forest district (compartment No. 14-21) in an Oxalidoso forest site type in 2003

Audze / Stand	Suga / Species	Koki / Trees, ha ⁻¹	G, m ² ha ⁻¹	M, m ³ ha ⁻¹	V, m ³	D _g , cm	H _g , m
2004. gadā 67 gadus veca / 67 years old in 2004							
	Oz	37	4.8	66.0	1.79	40.8	30.5
Galvenā audze / Main stand	Soz	632	41.0	504.9	0.80	28.7	26.7
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	243	4.7	44.4	0.18	15.7	20.2
Kopā / Total		912	50.5	615.3			

Apzīmējumi / Notations: skat. iepriekšējās tabulas / see previous tables

2004. gadā audzē auga 750 sarkanie ozoli, kuru kopējā krāja sasniedza $609 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, kas ir ievērojami vairāk nekā 3. kvartālā. Galvenās audzes sarkanā ozola vidējais caurmērs ir 31.9 cm, vidējais augstums – 25.3 m. Koku augstuma un caurmēra attiecība ir mazāka par vienu un uzskatāma par optimālu. Audze nav cietusi 2005. gada janvāra vētrā, lai gan atrodas laukmalā un paugura augšdaļā. Parastā ozola taksācijas parametru salīdzinājums ar sarkano ozolu nav iespējams, jo parauglaukumā aug viens ļoti resns ozols, kas būtiski sagroza parauglaukuma kopējos rādītājus. Sarkanā ozola galvenās audzes krāja nogabalā sasniedz $585 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Arī šajā audzē sarkanais ozols apliecina savu ātraudzību un spēju veidot lielu audzes šķērslaukumu ($51.7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), kas būtiski ietekmē audzes krāju. Sarkanā ozola caurmēra pieaugums pēdējā desmitgadē ir tikai 2.7 cm. To, iespējams, pazemina augšanā atpalikušo koku niecīgie zaļie vainagi un samazinātā lapu asimilācijas virsma. Vidējā sarkanā ozola krājas izmaiņa pēdējā desmitgadē ir $13.5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā, kas liecina par izcili labu koksnes pieaugumu.

2004. gadā Šķēdes novada 14. kvartāla 21. nogabalā ierīkots jauns – 2. – parauglaukums (4. tabula). Audze ierīkota uz nogāzes, stādīšana veikta precīzās rindās.

5. tabula / Table 5

Sarkanā ozola audze Šķēdes novada 18. kvartāla 1. nogabalā
1. sekcija vēra meža augšanas apstākļu tipā 2003. gadā
Red oak stand in the 1st section of Skede forest district (compartment No. 18-1)
in an Oxalidosa forest site type in 2003

Audze / Stand	Suga / Species	Koki / Trees, ha^{-1}	G, $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$	M, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	V, m^3	D _g , cm	H _g , m
1994. gadā 33 gadus veca / 33 years old in 1994							
	K	73	1.6	14.2	0.19	16.4	19.1
	L	39	1.0	9.7	0.25	18.2	20.0
	Os	34	1.3	14.3	0.41	22.3	22.0
	Oz	198	3.6	34.5	0.17	15.2	18.3
Galvenā audze / Main stand	Soz	733	17.2	159.7	0.22	17.3	19.6
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	349	3.1	20.0	0.06	10.6	14.9
Kopā / Total		1426	27.8	252.4			
1999. gadā 38 gadus veca / 38 years old in 1999							
	K	56	1.1	10.2	0.18	16.0	18.8
	L	26	0.9	9.4	0.36	21.2	21.5
	Os	34	1.6	17.6	0.51	24.4	22.9
	Oz	108	3.1	32.2	0.30	19.1	20.5
Galvenā audze / Main stand	Soz	698	19.4	187.6	0.27	18.8	20.4
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	69	0.9	6.7	0.10	12.7	16.6
Kopā / Total		991	27.0	263.7			
2004. gadā 43 gadus veca / 43 years old in 2004							
	K	52	1.1	10.0	0.19	16.4	19.1
	L	26	1.0	10.8	0.42	22.4	22.0
	Os	34	1.9	20.9	0.61	26.3	23.6
	Oz	91	3.1	33.2	0.37	20.8	21.3
Galvenā audze / Main stand	Soz.	685	22.6	227.0	0.33	20.5	21.2
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	52	0.8	6.2	0.12	13.7	17.4
Kopā / Total		940	30.5	308.1			

Apzīmējumi / Notations: K – parastā kļava / Norway maple (*Acer platanoides* L.)

L – parastā liepa / common European linden (*Tilia cordata* Mill.)

Os – parastais osis / common ash (*Fraxinus excelsior* L.)

Pārējie apzīmējumi – skat. iepriekšējās tabulas / other notations – see previous tables

Dabiskas izcelsmes parasto ozolu 37 koki uz hektāra, kas būtiski neietekmē audzes parametrus, to krāja galvenajā audzē ir nedaudz lielāka par 10%. Audzē biežums joprojām ir liels – 912 koki uz hektāra, tātad vairāk nekā šī kvartāla 1. parauglaukumā. Tas samazina audzes koku augšanas telpu, vainagu platumu un garumu, kā arī koku izmērus. Sarkanā ozola vidējais caurmērs ir par 3 cm mazāks. Vidējā galvenās audzes krājas izmaiņa 67 gadu vecumā ir $7.53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā, kas ir ievērojami mazāk nekā 1. parauglaukumā ($8.72 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā). Audzē ir notikusi izteikta sarkanā ozola koku diferencēšanās, jo 27% koku pieskaitāmi starpauzē. To atpalcība augšanā ir visai izteikta, par ko liecina ievērojami mazāks vidējais caurmērs un augstums. To izcīršana bija nepieciešama vismaz pirms 20 gadiem, jo pašreiz tie negatīvi ietekmē galvenās audzes koku vainagus. Apstiprinās zināmā patiesība, ka jaunībā ozoli labi pacieš sānu apēnojumu, kas veicina koku augšanu garumā, taisnu stumbru veidošanos un savlaicīgu dabiskās atzarošanās procesu. Pietiekams audzes biežums jaunībā sarkanajam ozolam novērš sugai raksturīgo fototropisma izpausmi (Lüdemann, S.a.), bet vēlāk negatīvi ietekmē koku augšanu resnumā un krājas uzkrāšanos.

Šķēdes novada 18. kvartālā augošā sarkanā ozola audze 2004. gadā sasniedza 43 gadu vecumu (5. tabula). Tā ierīkota 1962. gadā bijušās kailcirtes platībā, kur pirms tam auga apmēram 70 gadu veca egļu tīraudzē. Audzes ierīkošanas biežums lielāks nekā 3. un 14. kvartālā, jo 1994. gadā platībā auga $1426 \text{ koki ha}^{-1}$. Bez sarkanā ozola audzē sastopami dabiskas izcelsmes parastie ozoli, kļavas, liepas un oši – kopumā 346 koki ha^{-1} . Sarkanā ozola vidējais caurmērs ir 17.3 cm, bet augstums – 19.6 m. Koku slaiduma koeficients (H/D) ir lielāks par 1, kas nepasliktina audzes noturību, bet negatīvi ietekmē koku vainagu absolūto un relatīvo garumu, samazina lapu virsmu un koksnes producēšanas iespējas. Audze šajā vecumā uzskatāma par pārbiezinātu. 1997. gadā audzē veikta zemas intensitātes kopšanas cirte no apakšas, izcērtot augšanā atpalikušos sarkanos ozolus (310 koki ha^{-1}) un gandrīz pusi parasto ozolu. Sarkanā ozola galvenās audzes koku vidējais caurmērs 2004. gadā 43 gadu vecumā sasniedza 20.5 cm, augstums – 21.2 m, bet krāja – $227 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Vidējā krājas izmaiņa pēdējos 8 gados ir $5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā. 2004. gada rudenī, ievērojot koku stumbru kvalitāti, izmērus un izvietošanu audzē, veikta mērķa koku atlase. Vienlaicīgi atzīmēti mērķa kokiem traucējošie īpatņi, kuru izcīršanu 2005. gadā aizkavēja janvāra vētra. Sarkanais ozols vētrā nav cietis. Koku skaita atkārtota samazināšana uzlabos palikušo koku apgaismojuma apstākļus un koka barošanās platību.

Otrajā šīs audzes sekcijā kopšanas cirte netika veikta, tā atstāta salīdzināšanai (6. tabula). Sākotnēji abas sekcijas būtiski neatšķīrās ne pēc koku skaita, ne citiem taksācijas rādītājiem. No 1994. līdz 1999. gadam

2. sekcijā vērojama koku skaita dabiska samazināšanās, atmirstot ap 100 augšanā atpalikušajiem īpatņiem uz 1 ha. Tāda pati tendence vērojama nākamajos 5 gados. Koku atkārtota uzmērīšana 2004. gadā pierādīja, ka 8–13 cm resnie sarkanie ozoli praktiski caurmērā vairs nepieaug, un tie neizbēgami pārvērtīsies par kritālām. Koku skaits audzē ir par lielu, audzes koki nepietiekama apgaismojuma dēļ turpina zaudēt zaļos vainagus. Sarkanajam ozolam audzē sākas ūdenszaru veidošanās, kas liecina par nepietiekamiem apgaismojuma apstākļiem un kas izsauks koku diferencēšanās pastiprināšanos, novedīs pie tālākas pieauguma stagnācijas, bet sliktākajā gadījumā sāksies audzes sabrukšanas process. Sarkanā ozola vidējais caurmērs pēdējā desmitgadē palielinājies par 1.6 cm, arī vidējais stumbra tilpums ir ievērojami mazāks (0.28 m^3) nekā koptajā sekcijā (0.33 m^3). Tas nozīmē, ka audzes sortimentu struktūra otrajā sekcijā ir sliktāka – audzē ir daudz vairāk sīku dimensiju koku, kas praktiski izmantojami malkai.

Sarkanā ozola audze 19. kvartāla 1. nogabalā ir ierīkota 1960. gadā (7. tabula). Audzē ierīkoti divi parauglaukumi. Pirmajā sekcijā sarkano ozolu skaits ir par vienu trešdaļu mazāks nekā otrajā; tajā ir arī izteikta daudzskaitliska dabiskas izcelsmes kļavas paauga. Pēc vizuālā vērtējuma sarkanais ozols ir ar līkumainākiem stumbriem un sliktāku atzarošanos, jo pirmie sausie zari atrodas zemāk. Dabiskā atzarošanās zaru cietās koksnes dēļ ir kavēta. Kvalitatīvu sortimentu izaudzēšana ir jānodrošina ar savlaicīgu labāko koku atzarošanu. 1994. gadā 1. sekcijā auga 798 sarkanie ozoli uz 1 ha. Desmit gadu laikā koku skaits samazinājies par aptuveni 8%. Vidējais sarkanā ozola caurmērs ir 18.2 cm un aptuveni par 1 cm lielāks nekā 18. kvartāla audzēs. Galvenās audzes sarkano ozolu vidējais caurmērs 2004. gadā sasniedza 21.8 cm. Pēdējā piecgadē vidējā krājas izmaiņa ir bijusi $6.26 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ gadā. Nepieciešama audzes steidzīga retināšana no apakšas. Sarkanā ozola krāja šajā parauglaukumā ir mazāka nekā 18. kvartālā, kas izskaidrojams ar mazāku koku skaitu uz hektāra, lai gan vidējā koka stumbra tilpums 2004. gadā ir nedaudz lielāks – 0.36 m^3 .

Audzēs 2. sekcijā koku skaits ir lielāks, kas nodrošina lielāku sarkanā ozola un audzes kopkrāju. Krāju atšķirība sasniedz $47 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (8. tabula). Vidējais stumbra tilpums 2. sekcijā ir 0.31 m^3 , tātad mazāks nekā 1. sekcijā ar mazāku audzes biežumu (832 koki ha^{-1}).

Viena trešā daļa no audzes kopkrājas ir radusies pēdējos 10 gados. Abu sekciju audžu vidējie caurmēri ir līdzīgi, lai gan otrajā sekcijā ir nelabvēlīgāks koku sadalījums caurmēra pakāpēs, kas negatīvi ietekmē caurmēra vidējo vērtību. Pirmajā sekcijā notiek ļoti intensīva parastās kļavas atjaunošanās, to augstums sasniedz 2–4 m, kas rada sakņu konkurenci sarkanajam ozolam. Abās sekcijās sarkanais ozols labi ražo zīles, kas izmantojamas turpmākā sarkanā ozola pavairošanā.

**Sarkanā ozola audze Šķēdes novada 18. kvartāla 1.nogabalā
2. sekcija vēra augšanas apstākļu tipā 2003. gadā
Red oak stand in the 2nd section of Skede forest district (compartment No. 18-1)
in an Oxalidosa forest site type in 2003**

Audze / Stand	Suga / Species	Koki / Trees, ha ⁻¹	G, m ² ha ⁻¹	M, m ³ ha ⁻¹	V, m ³	D _g , cm	H _g , m
1994. gadā 33 gadus veca / 33 years old in 1994							
	B	15	0.3	2.4	0.16	15.6	18.6
	Bl	45	0.8	7.4	0.17	15.3	17.7
	K	50	1.1	10.7	0.22	16.9	18.7
	Os	35	0.7	6.5	0.19	16.3	18.4
	Oz	158	3.6	35.6	0.22	17.0	18.8
Galvenā audze / Main stand	Soz	886	20.2	181.3	0.20	17.0	18.8
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	188	2.0	13.9	0.07	11.6	15.0
Kopā / Total		1377	28.7	257.8			
1999. gadā 38 gadus veca / 38 years old in 1999							
	B	15	0.4	3.4	0.23	17.9	19.9
	Bl	35	0.9	8.6	0.25	18.1	19.4
	K	45	1.2	1.9	0.27	18.4	19.6
	Os	35	0.9	8.4	0.24	18.1	19.4
	Oz	119	2.8	27.8	0.23	17.5	19.0
Galvenā audze / Main stand	Soz	886	23.8	223.2	0.25	18.5	19.6
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	158	1.8	13.2	0.08	12.1	15.4
Kopā / Total		1293	31.8	286.5			
2004. gadā 43 gadus veca / 43 years old in 2004							
	B	15	0.4	3.8	0.26	18.8	19.8
	Bl	35	1.1	11.6	0.34	20.4	20.6
	K	45	1.3	13.1	0.29	19.2	20.0
	Os	35	1.1	10.6	0.31	20.0	20.4
	Oz	59	2.2	23.4	0.39	21.8	21.2
Galvenā audze / Main stand	Soz	866	27.2	264.9	0.31	20.0	20.4
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	119	1.6	12.8	0.11	13.1	16.2
Kopā / Total		1174	34.9	340.2			

Apzīmējumi / Notations: Bl – blīgzna / goat willow (*Salix caprea* L.)

Pārējie apzīmējumi – skat. iepriekšējās tabulas / other notations – see previous tables

Abu parauglaukumu salīdzinājums ļauj secināt, ka lielāks koku skaits palielina audzes krāju, bet vienlaicīgi kavē koku caurmēra pieaugumu un resnu sortimentu izaudzēšanas iespējas.

Nepietiekama apgaismojuma apstākļos pēc zaļā vainaga zaudēšanas, sarkanajam ozolam veidojas ūdenszari, kas visai bieži sastopams 18. un 19. kvartāla parauglaukumos.

Sarkanā ozola dabiskajā areālā jūlija vidējā temperatūra ir robežās no 16 līdz 19 °C (Ebert, 1998), kas ir ļoti līdzīga Latvijas klimatiskajiem apstākļiem. Šķēdes novada sarkanā ozola audžu taksācijas rādītāju kopsavilkums sakopots 9. tabulā, lai salīdzinātu tā

augšanu ar citiem audzēšanas reģioniem. Salīdzinot viena vecuma parauglaukumus 18. un 19. kvartālā, izpaužas skaidri saskatāma tendence, ka lielāks koku skaits platībā nodrošina lielāku audzes šķērslaukumu un krāju, bet vienlaicīgi samazina koku vidējo caurmēru un stumbra tilpumu.

Kaļiņingradas apgabalā vēra augšanas apstākļu tipā sarkanais ozols 45 gadu vecumā ir sasniedzis koka vidējo caurmēru 20.1 cm, vidējo augstumu – 18.6 m, bet stumbra tilpumu – 0.26 m³ (Мишнев, 1961). Audzes šķērslaukums 48 gadu vecumā sasniedz 20 m² ha⁻¹, bet krāja – 184 m³ ha⁻¹. Konstatēts, ka sarkanais ozols aug ātrāk par parasto ozolu, tā parametri atbilst 1. bonitātei.

Šie rādītāji praktiski sakrīt ar audžu taksācijas parametriem Šķēdes mežu novadā. Līdzīga vecuma audžu krājas Šķēdē ir lielākas (207-265 m³ ha⁻¹), ko nosaka lielāks koku skaits platībā. Sarkanā ozola audžu novērtējums Ebersvaldē, netālu no Berlīnes, 60 gadu vecumā sasniedz 20-25 m lielu vidējo augstumu (Lockow, 2001). Audžu augšana atbilst 2. bonitātei, kas 80 gadu vecumā nodrošina 35 cm lielu audzes vidējo caurmēru, bet 100 gadu vecumā – 45 cm. Sarkanā ozola krāja Ebersvaldē dažādas auglības augsnes 65-110 gadu vecumā ir robežās no 300 līdz 550 m³ ha⁻¹. Vācijas austrumdaļā sarkanais ozols ir iekļauts audzējamo sugu sarakstā pēc novērtētās audžu ražības, koksnes īpašībām un tās izmantošanas iespējām.

Šķēdē 59–67 gadu vecumā sarkanais ozols sasniedz 28.7–31.7 cm lielu vidējo caurmēru un 440–585 m³ ha⁻¹

lielu krāju (9. tabula). Vācijā 1. bonitātes audzēs 100 gadu vecumā sarkanais ozols sasniedz 440 m³ ha⁻¹ lielu krāju, vidējo caurmēru – 50 cm un vidējo stumbra tilpumu – 3 m³ (Ebert, 1998). Šķēdes novada mežaudzes līdzīgu krāju sasniedz 65 gadu vecumā, bet audzes lielā biezuma dēļ ievērojami atpaliek pēc caurmēra pieauguma. Vācijas pieredze liecina, ka labāko koku izvēle un to augšanas apstākļu uzlabošana jāsāk, kad tie sasnieguši 20 m augstumu. Optimālais koku skaits – 450 gabali uz 1 ha. Šķēdes novada audzēs koku skaits ir vismaz divreiz lielāks, kas ir galvenais caurmēra pieauguma stagnācijas iemesls. Ūdenszaru veidošanās audzēs ar nepietiekamu augšanas telpu un apgaismojumu ir sugai raksturīga īpašība (Ebert, 1998), kas raksturīga sarkanajam ozolam arī Šķēdes novadā. Var secināt, ka sarkanais ozols Šķēdes mežu novadā

7. tabula / Table 7

Sarkanā ozola audze Šķēdes novada 19. kvartāla 1. nogabalā
1. sekcijā vēra meža augšanas apstākļu tipā 2003. gadā
Red oak stand in the 1st section of Skede forest district (compartment No. 19-1)
in an Oxalidosa forest site type in 2003

Audze / Stand	Suga / Species	Koki / Trees, ha ⁻¹	G, m ² ha ⁻¹	M, m ³ ha ⁻¹	V, m ³	D _g , cm	H _g , m
1994. gadā 35 gadus veka / 35 years old in 1994							
	B	16	0.8	7.6	0.47	24.6	21.1
	E	11	0.2	2.1	0.19	16.1	17.4
	Oz	141	2.5	21.3	0.15	15.0	16.8
Galvenā audze / Main stand	Soz	595	15.5	139.1	0.23	18.2	18.5
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	195	2.0	14.0	0.07	11.5	14.5
Kopā / Total		958	21.0	184.1			
1999. gadā 40 gadus veka / 40 years old in 1999							
	B	11	0.5	4.5	0.41	24.6	21.1
	E	5	0.1	0.6	0.11	12.5	15.2
	Oz	124	2.6	22.9	0.18	16.2	17.5
Galvenā audze / Main stand	Soz	595	18.8	175.6	0.30	20.1	19.4
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	146	1.3	8.7	0.06	10.8	14.0
Kopā / Total		881	23.3	212.3			
2004. gadā 45 gadus veka / 45 years old in 2004							
	Soz	708	22.8	215.9	0.30	20.2	19.4
	B	11	1.0	10.7	0.98	34.1	24.0
	E	5	0.2	1.7	0.31	20.1	19.4
	Oz	108	2.5	22.3	0.20	17.0	17.9
Galvenā audze / Main stand	Soz	573	21.4	206.9	0.36	21.8	20.1
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	135	1.4	9.6	0.07	11.3	14.3
Kopā / Total		832	26.5	251.2			

Apzīmējumi / Notations: skat. iepriekšējās tabulas / see previous tables

**Sarkanā ozola audze Šķēdes novada 19. kvartāla 1. nogabala
2. sekcijā vēra meža augšanas apstākļu tipā 2003. gadā
Red oak stand in the 2nd section of Skede forest district (compartment No. 19-1)
in an Oxalidos forest site type in 2003**

Audze / Stand	Suga / Species	Koki / Trees, ha ⁻¹	G, m ² ha ⁻¹	M, m ³ ha ⁻¹	V, m ³	D _g , cm	H _g , m
1994. gadā 35 gadus veca / 35 years old in 1994							
	Bl	11	0.3	2.5	0.22	17.4	18.7
	Ds	11	0.3	2.9	0.26	16.9	18.4
	E	17	0.4	4.1	0.24	17.6	18.8
	Oz	109	1.3	10.2	0.09	12.3	15.5
Galvenā audze / Main stand	Soz	840	19.6	174.6	0.21	17.2	18.6
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	206	1.5	8.6	0.04	9.7	13.4
Kopā / Total		1194	23.4	202.9			
1999. gadā 40 gadus veca / 40 years old in 1999							
Galvenā audze / Main stand	Soz	840	23.4	217.9	0.26	18.9	19.4
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	183	1.5	8.7	0.05	10.1	13.8
	Bl	11	0.3	3.1	0.27	19.1	19.7
	Ds	11	0.4	4.8	0.41	21.0	20.4
	E	17	0.5	4.7	0.27	18.6	19.3
	Oz	80	1.2	9.8	0.12	13.6	18.5
Kopā / Total		1142	27.3	249.0			
2004. gadā 45 gadus veca / 45 years old in 2004							
	Bl	6	0.2	2.0	0.34	21.0	20.4
	Ds	11	0.5	6.7	0.58	24.5	21.8
	E	17	0.5	5.2	0.30	19.5	19.7
Galvenā audze / Main stand	Soz	823	26.2	251.0	0.31	20.1	20.0
Starpaudze / Intermediate stand	Soz	137	1.2	7.4	0.05	10.6	14.2
	Oz	40	0.7	5.9	0.15	14.7	17.2
Kopā / Total		1034	29.3	278.2			

Apzīmējumi / Notations: skat. iepriekšējās tabulas / see previous tables

augšanā neatpaliek no mežaudzēm siltāka klimata apstākļos un ieteicams audzēšanai mežaudzēs auglīgos augšanas apstākļos vērī un gāršā.

Secinājumi

1. Vēra augšanas apstākļu tipā morēnu pauguraines augsnēs sarkanais ozols veido ražīgas audzes, kuru galvenajā audzē 59–67 gadu vecumā tas sasniedz 440–585 m³ ha⁻¹ lielu krāju un 29–32 cm lielu caurmēru.

Tas apstiprina Latvijas klimatisko apstākļu piemērotību sarkanā ozola audzēšanai.

2. Liela biezuma audzēs (735–1174 koki ha⁻¹) sarkanais ozols zaudē zaļo vainagu, kas izraisa caurmēra un krājas pieauguma stagnāciju, kā arī ūdenszaru veidošanos.

3. Vienāda vecuma sarkanā ozola audzēs lielāks koku skaits platībā palielina audzes šķērslaukumu un krāju, bet samazina koka vidējo caurmēru un stumbra tilpumu.

Sarkanā ozola audžu ražība Šķēdes mežu novadā
Productivity of red oak stands in Skede forest district

Kvartāls, nogabals / Compartment No.	Vecums / Age	Koki / Trees, ha ⁻¹	G, m ² ha ⁻¹	M, m ³ ha ⁻¹	V, m ³	D _g , cm	H _g , m
18-1	43	940	22.6	227.0	0.33	20.5	21.2
18-1	43	1174	27.2	264.9	0.31	20.0	20.4
19-1	45	832	21.4	206.9	0.36	21.8	20.1
19-1	45	1034	26.2	251.0	0.31	20.1	20.0
3-17	59	735	39.2	440.6	0.74	29.0	23.8
14-21	67	784	49.3	584.9	0.97	31.7	25.3
14-21	67	912	41.0	504.9	0.80	28.7	26.7

Apzīmējumi / Notations: skat. iepriekšējās tabulas / see previous tables

4. Kvalitatīvu sortimentu izaudzēšanai ieteicama savlaicīga koku skaita samazināšana audzē, papildus augšanas telpas nodrošināšana mērķa kokiem un to atzarošana.

Literatūra

- Dengler, A. (1992) *Waldbau auf ökologischer Grundlage. Zweiter Band: Baumartenwahl, Bestandesbegründung und Bestandespflege*. Paul Parey, Hamburg, Berlin, 350 S.
- Dreimanis, A. (2001) Introducēto skuju koku sugu audžu ražības novērtējums Šķēdes novadā. *LLU Raksti*, Nr. 4, 8.-16. lpp.
- Ebert, H.-P. (1998) Die Behandlung von nicht häufig vorkommenden Baumarten (Nebenbaumarten). *Schriftenreihe der Fachhochschule Rottenburg*, 10, S. 120-125.
- Kramer, H. (1989) *Waldwachstumlehre*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 374 S.
- Lange, V. (1957) Salīdzinoši dati par 1939.–1940. un 1955.–1956. gada bargo ziemu sala ietekmi uz kokaugu sugām Latvijas PSR teritorijā. *LLA Raksti*, Nr. 6, 465.-476. lpp.
- Liepa, I. (1996) *Pieauguma mācība*. LLU, Jelgava, 127 lpp.
- Lockow, K.-W. (2001) Waldbaulich-ertragskundliche Ergebnisse der Anbauversuche mit Ausländischen Baumarten 1881-1890 in Brandenburg und Schlussfolgerungen für Praxis. *Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie*, No. 35, 4, S. 171-181.
- Lüdemann, G. (S.a.) *Schnellwachsende Baumarten in Wald und Landschaft Norddeutschlands*. Gesellschaft zur Förderung schnellwachsenden Baumarten in Norddetschland e. V., Eutin, 144 S.
- Mangalis, I. (2004) *Meža atjaunošana un ieaudzēšana*. SIA „Et Cetera”, Rīga, 454 lpp.
- Mauriņš, A. (1963) Introducēto kokaugu sēklu kvalitāte atkarībā no ziedputekšņu dzīvotspējas. *P. Stučkas Latvijas Valsts universitātes zinātniskie raksti*, Nr. 49, 7, 23. lpp.
- Mūrnieks, P. (1964) Ziemeļu sarkanais ozols. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība*, Nr. 4, 28.-30. lpp.
- Ozols, A. (1959a) *Kokaugu introdukcija un aklimatizācija*. Latvijas Valsts izdevniecība, Rīga, 86 lpp.
- Ozols, A. (1959b) Koku un krūmu introdukcijas un aklimatizācijas rezultāti Latvijas PSR. Rakstu krāj.: *Bioloģijas un Botāniskā dārza raksti, 9: Daiļdārzniecība: Augu introdukcija un zaļā celtniecība Latvijas PSR*, 7.-37. lpp.
- Richtlinien und Tabellen für Forstwirtschaft*. (1986) VEB Landwirtschaftsverlag, Berlin, S. 116.
- Roloff, A., Bärtels, A. (1996) *Gehölze*. Ulmer, Stuttgart (Gartenflora, Bd. 1), 694 S.
- Saliņš, S. (1971) Citzemju koku sugu ieaudzēšana. Gr.: *Meža kultūras*. Zvaigzne, Rīga, 382.-409. lpp.
- Šmaukstelis, E., Igaunis, G. (1982) Introducēto sugu kokaugu ziemcietība 1978.–1979. gada ziemā Madonas rajonā. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 24. laid., 11.-21. lpp.
- Мауринь, А.М. (1959) *Лиственные экзоты Латвийской ССР*. Изд-во АН Латвийской ССР, Рига, 101 с.
- Мишнев, В.Г. (1961) Изучение дуба красного (*Quercus rubra* L.) произрастающего в культурах в Калининградской области. *Сборник ботанических работ*, вып. 3. Изд-во АН Белорусской ССР, Минск, с. 88-94.

Formation of Optimal Thermoenvironment in Cubicles of Cold Cowshed

Optimāla temperatūras režīma nodrošināšana, govis turot nesiltinātā kūtī

Rolandas Bleizgys, Jonas Čėsna, Ernesta Liniauskienė

Department of Heat and Biotechnology Engineering, Faculty of Agriculture Engineering,

Lithuanian University of Agriculture, e-mail: rolandas.bleizgys@lzuu.lt

Siltuma un biotechnologijos katedra, Lauksaimniecības mechanizacijos fakultate,

Lietuvos Lauksaimniecības universitete, e-pasts: rolandas.bleizgys@lzuu.lt

Abstract. Assurance of a warm and convenient animal lair is particularly important in cold cowsheds. This is the most important aspect in the environment of the cow, the underestimation of which results in disorders of normal activity of the cow's organism. Investigations show that changing the temperature in cold housing cowshed from -9.4 °C to 11.6 °C, the air inside the cowshed gets by 4.3 °C warmer and by 4.2% drier than the air outside the cowshed, while the microclimate has no negative influence on animal productivity. It is established that cows' rest in cubicles is too short. In the cubicle with a rubber rug, cows lie for 8.7 hours per day, in the cubicle with straw bedding – 7.5 hours per day. In order to create better conditions for cows' rest in the experimental cowshed, the insulation of cattle lair by increasing the straw layer from 2 cm to more than 10 cm is recommended.

Key words: temperature, cubicle, cold cowshed.

Introduction

Microclimate in the cowshed is one of the most important factors that influence animal productivity. Optimal feeding does not ensure healthy and highly productive animals of the best breeds if microclimatic conditions in the cowshed are unfavorable. Productivity of the cows that are kept in warm and humid cowsheds decreases by 17-18% (Burmeister, 1988; Плященко, Хохлова, 1976). Having increased ventilation intensity in the cowshed and decreased temperature to -5 °C, the air is drier and cleaner and animals feel significantly better. At the same time their resistance to diseases increases and more natural conditions are created (Johannesson, 2000). When air temperature inside the cowshed subsides below -10 °C, a bigger amount of fodder is used, however, but it is better used by the animal's organism. In the case of a dry and draught-free cowshed and a warm, clean and comfortable lair, the cows can survive very low temperatures (Keck, Zähler, 2004). In comparison with other animals, cattle is less sensitive to low temperatures as constant impact of cold strengthens them, improves thermoinsulation characteristics of tissues, i.e. the fur becomes thicker and accumulation of adipose tissue in hypodermic-grease part intensifies. However, the danger of negative impact remains, especially, if the animal lies on a cold floor. If the temperature of animal's body falls one degree below the critical temperature, the metabolism intensifies by 2-3%, fodder consumption increases by 15-30%, but productivity decreases by 10-20% (Плященко, Хохлова, 1976).

In Lithuania, cows have been kept in cold cow-

sheds of light constructions since 1998. Construction of such cowsheds requires significantly less building materials, therefore, investments and cost of production decrease. Assurance of dry, warm and clean animal lair is particularly important in these cowsheds. This is the most important aspect in the environment of the cow, the underestimation of which results in disorders of normal activity of a cow's organism. Energetic balance of the animal changes, energy losses to the environment increase significantly. At low temperatures of air the heat exchange in the animal's organism intensifies because of quicker metabolism. This requires additional source of energy, which can be received together with fodder. When temperature of the environment is 20 °C, a cow of an average mass (600 kg) and average productivity (5000 l of milk per year) exudes 0.86-0.97 kWh of heat. A total of 8-9 fodder units have to be used to produce the mentioned amount of heat. In order to decrease fodder consumption and increase its utility coefficient, an optimal temperature regime in the place of cows' rest – cubicle – has to be created (Плященко, Хохлова, 1976). Therefore, the floor of the cubicle is covered with rubber rugs, mattresses, sand, straw, etc. Their thermoinsulation characteristics are of primary importance. Sudden and short-term temperature fluctuations have the strongest negative impact on cows (highly productive cows in particular). They often cause various cow diseases. Disturbance of normal functions of animal's organism under the influence of temperature fluctuations is one of the main reasons that cause various cow diseases. Therefore, maintenance of optimal air temperature in animal lairs, assur-

ance of optimal welfare and comfort are of significant importance (Wandel, 1998).

The problem of decreasing the negative impact of low temperatures inside the cowshed on the animal's organism arises. Analysis of numerous researches, carried out by foreign scientists (Stolpe, 1985; Баротфи, 1988; Wandel, Jungbluth, 1997; Eichhorn, 1999; Rorbech, 2001), has revealed several ways to solve this problem:

- fodder norms should be increased;
- animals should be hardened by taking them for a walk outside in winter;
- conditions for an optimal temperature regime in the animal lair should be created.

The latter method has been analyzed and investigated in a new cold housing cowshed under climatic conditions of Lithuania.

The object of investigations: a place for animal's rest – a cubicle in a cold cowshed.

The aim of investigations: analysis of the change of thermal parameters in cubicles of cold cowshed and provision of measures for their improvement.

Materials and Methods

The investigations were carried out in a cowshed of a cold cubicle type for 200 cows. The lower part of the cowshed wall was made of concrete blocks. The upper part of the wall was made of single boards with 2.0 cm cracks for the fresh air from outside. The roof was covered with slate; standard blocks were used to join the constructions of the cowshed. Average coefficient of wall and roof heat transmission – $4.9 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$. Length of a cowshed – 72 m, width – 21 m. Fresh air got into the cowshed through cracks between the wall's boards, the polluted air was removed through the ridge crack of 0.6 m. Total area of air inlet cracks – 17 m^2 , of outlet crack – 43 m^2 . Cows were kept in a loose housing system, in cubicles. All cubicles, except four, were lit-

tered with straw. These four cubicles were covered with special rubber rugs. Different cubicles of two types – littered with straw and covered with rubber rugs – were chosen for the investigations. Thickness of the rubber rug was 3 cm, thickness of straw cover – 2 cm. Parameters of the cubicles, used for experimental investigations, were as follows: length – 2.20 m; width – 1.24 m; height above the manure path – 0.20 m.

The investigations were aimed at establishing the following:

- temperature of cubicle floor under the 2 cm straw layer and under the 3 cm rubber rug;
- air temperature inside and outside the cowshed, relative humidity.

The following modern devices were used for the investigations: computer-controlled device "Almemo, Drager Pac III". Temperature and moisture sensor TRACER was for corresponding intervals of measurement. Limits of the cubicle's floor temperature measurement were from -10°C to $+30^\circ \text{C}$, and limits of the outside air temperature and relative humidity measurement were from -20°C to $+60^\circ \text{C}$ and from 0% to 100%. In the course of the investigations, the floor temperature was registered every 5 min, the air temperature inside the cowshed and relative humidity were measured at a 2 m height above the floor every 1 hour, outside air temperature and relative humidity on the north side of the cowshed were measured every 1 hour. The scheme of sensors' distribution in the cubicle is presented in Figure 1. Sensors' readings were registered for 118 days without interruption. The investigations were carried out during the cold period of 2002-2003.

According to the change of temperature in the cubicle floor, it was determined how much time per day a cow spends therein. The most intensive increase of temperature is when a cow is lying down; an intensive decrease of temperature is when a cow gets up. When

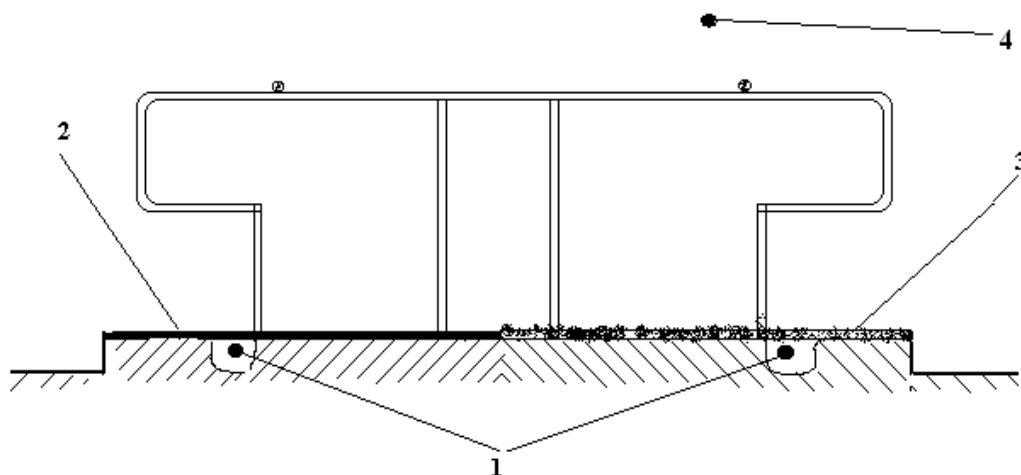


Fig. 1. Cross-section of the cubicle in experimental cowshed: 1 – temperature sensors in the floor of the cubicle; 2 – cubicle covered with rubber rug; 3 – cubicle with straw litter; 4 – temperature-moisture sensor above the cubicle.

a cow is lying down, the increase of temperature is recorded by sensors according to parameter τ_1 which depends on thermal characteristics of the flooring. When a cow gets up, the decrease of temperature is recorded by sensors according to parameter τ_2 . Provided that thermal conditions of flooring do not change when a cow is lying down on it, $\tau_1 = \tau_2$, and thermal characteristics of flooring are not estimated when defining the intervals of temperature increase and decrease (the duration of cow's lying down).

Results and Discussion

A cubicle is a very important place, where an animal can get maximal rest without experiencing any traumas or stresses. Various floorings and litter have the strongest influence on the comfort of the cubicle. The cubicle that meets the main requirements, should be clean, dry, soft, warm (not heat conductive), and comfortable. In a warm cubicle cows feel safe and the risk of disease decreases.

During the investigations, average daily temperature of the air inside the cowshed varied from -9.4 °C to 11.6 °C, relative humidity – from 67.4% to 95.2%, outside air temperature – from -15.2 °C to 8.3 °C (Fig. 2). In the period of the investigations, average air temperature in the cowshed was 3.7 °C, relative humidity –

81.4%, outside air temperature – -0.6 °C, and relative humidity – 85.6 %. No condensate of water steam on building constructions of the cowshed was observed, the ventilation intensity was sufficient. The microclimate had no negative impact on animal productivity. Average milk yield was 5700 kg per cow per year.

The determination of how much time per day a cow rests was based on the change of temperature in the cubicle's floor (Fig. 3). The temperature fluctuations in the floor of the cubicle were grouped and used in preliminary determination of the course of milking and feeding technologies as well as to evaluate duration of cows' rest in cubicles with different floorings (rug, straw) and comfort. A detailed analysis of floor temperatures was carried out at various average day temperatures of the air inside the cowshed: -9.37 °C, -7.25 °C, -5.54 °C, -4.25 °C, -3.45 °C, -1.84 °C, +0.1 °C, +1.5 °C, +1.64 °C, +2.56 °C, +3.78 °C, +4.21 °C, +5.04 °C, +6.5 °C, +7.33 °C, +8.4 °C, +8.9 °C, and +10.2 °C. These temperatures were chosen for more comprehensive generalization of temperature changes in the floor of the cubicle.

According to the opinion of Danish scientists (Johannesson, 2000), at 2 a.m. most of the cows, i.e. about 90%, rest if the lair is comfortable. This tendency was also observed in the experimental cowshed where the investigations were carried out. In the morning (at

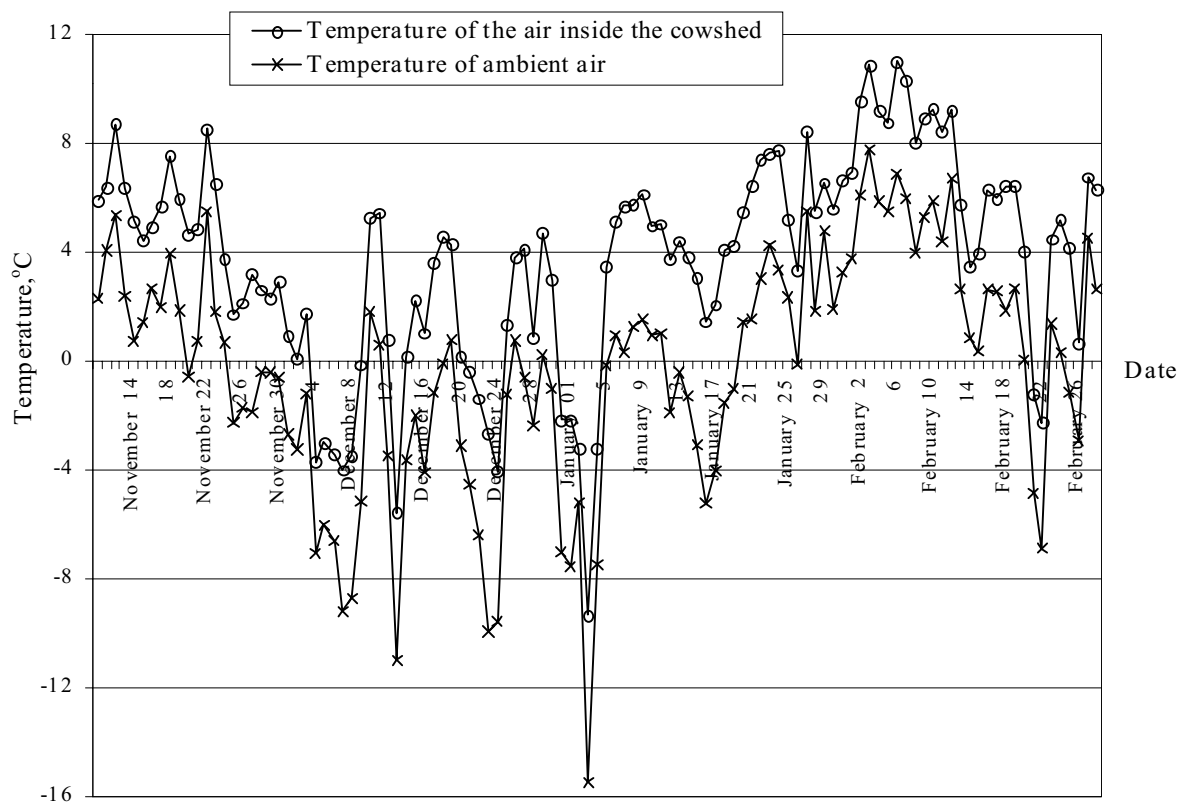


Fig. 2. The change of inside and ambient air parameters.

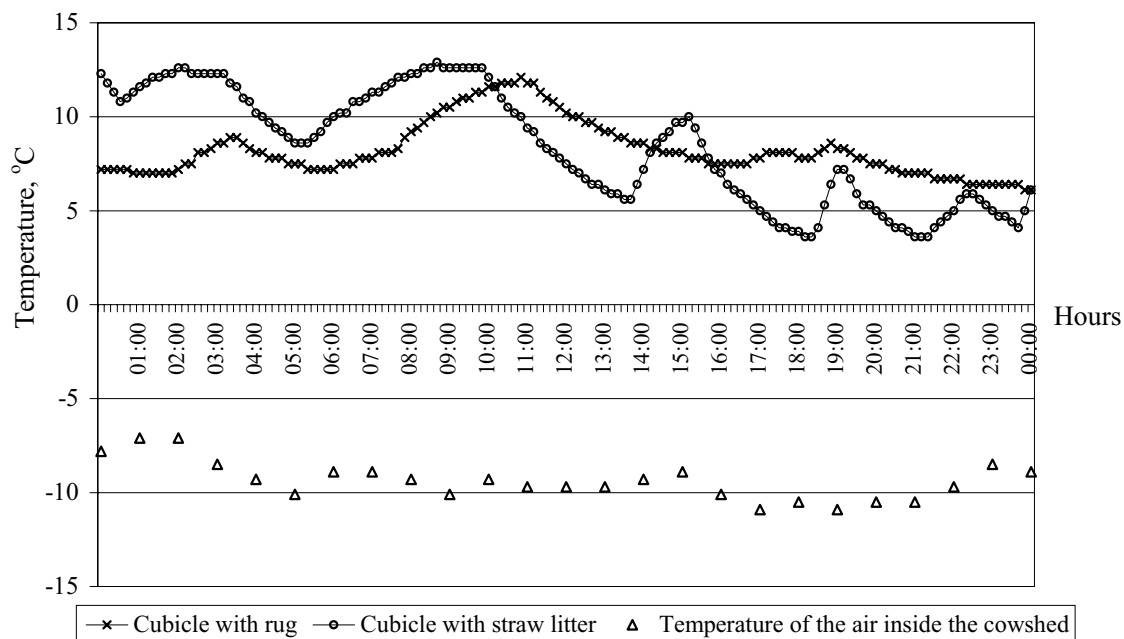


Fig. 3. The change of temperature in the cowshed and under flooring in the cubicle per day (the average of cowshed air temperature is -9.4°C).

8 a.m.) when fodder was brought in cows did not hurry to eat. This led to the conclusion that they were full and had received sufficient feeding. At the time of milking in the morning (at 3.30 a.m.) and in the afternoon (at 3.30 p.m.), all cows got up from their lairs and went to the milking room.

For up to 50-60% of time per day cattle should lie

(Jungbluth et al., 2005). The longer a cow lies, the higher productivity can be expected. Productivity increase is related to a longer period of rumination and flowing of blood to udder. During the investigations in the experimental cowshed, it was established that at inside air change from -9.4°C to 10.2°C , cows rested in the cubicle with rubber rug for 6.1-10.2 hours per day, and in

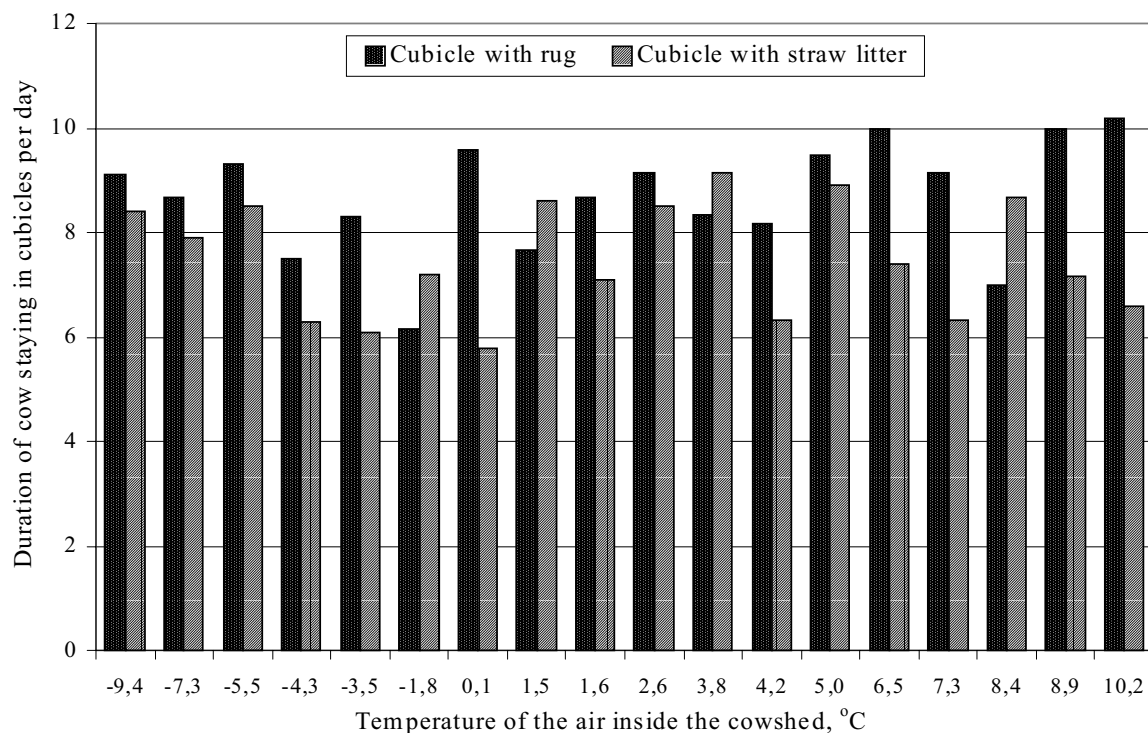


Fig. 4. The duration of cow staying in cubicles per day at different temperatures of the air inside the cowshed.

the cubicle with straw litter – for 5.8-9.2 hours per day. Average duration of lying on rubber rug per day was 8.7 hours, on straw – 7.5 hours (Fig. 4). No dependency of the duration of cow lying on the air temperature was determined. Nevertheless, it was noticed that in case of air temperature fall below zero inside the cowshed, cows' rest time in cubicles was shorter. This was most noticeable in the cubicle with straw litter. Scientists have established that only in comfortable cubicles cows lie approximately for 11.0 hours per day (Nilsson, 1988). If the duration of lying increases up to 11.5 hours, the time spent by a cow at feeding-rack prolongs from 5.08 to 5.54 hours. This proves that the cows that have better rest also have increased feeding activity and productivity. Therefore conveniently equipped cubicles are very important.

Average duration of the period of cow lying in the cubicle was established. In the cubicle with rubber rug a cow lies on average for 2.2 hours, in the cubicle with straw litter – for 1.9 hours. This allows concluding that cows prefer the cubicle with a rubber rug, as it is softer and warmer than the straw layer of 2 cm.

Analysis of the experience of foreign countries and generalization of experimental data suggests that improvement of cubicles enables to increase cows' productivity in the experimental cowshed. Good characteristics of cubicle's floor thermoinsulation are of primary importance. If the floor is comfortable and warm, animals will spend more time lying there. Proper selection of cubicle flooring is very important. Despite the positive properties of straw litter, interest in other types of cubicle flooring has increased in recent years because of the reduction of labor expenditure for straw preparation and storage. Therefore, use of straw for litter has decreased because of the high costs of straw preparation, processing, and storage. Farmers often decrease the amount of straw in cubicles for the purpose of better results and lower costs. It is useful from economical point of view; however, due to big heat losses through the floor the temperature of animal body may decrease by several degrees. This is the problem that should be considered.

On the 50th day after coupling, a standing cow which weighs 700 kg and yields 20 kg of milk per day, releases the free heat flow to the environment of the density of 215 W m^{-2} (Sallvik, 1998), when the ambient temperature is -9.4°C . After a cow has lain down, its contact area with ambient air decreases, heat release by convection and radiation decrease, but heat release through floor by conductivity occurs. The release of free heat does not increase and a cow avoids stress, unless heat flow through floor is bigger than 215 W m^{-2} after the animal has lain down. In the theoretical analysis of thermal characteristics of floorings the following conditions are assumed: heat exchange between a cow and environment is constant, and the temperature of a

cow body surface (skin) is 36°C . Average minimal temperature under the flooring is 5.6°C (this temperature was determined during the experiment). Using the methodology suggested by Ludo Van Caenegem (Caenegem, Wechsler, 2000), following calculation results were obtained: density of heat flow through a 10 cm concrete layer is 547 W m^{-2} , through a 2 cm straw layer – 456 W m^{-2} , whereas through rubber rug – 95 W m^{-2} . The heat flow through the floor does not exceed 215 W m^{-2} , if the straw layer is thicker than 4.5 cm. Therefore it is not enough to spread a straw layer of 2 cm in the cubicle as the heat flow through the floor becomes very big, i.e. after a cow has lain down, the release of free heat increases. This is one of the reasons why a cow lies too shortly in such a cubicle. To reach the warmth of the cubicle floor equal to that of a rubber rug, a sand layer of 17 cm or a straw layer of 9.6 cm should be spread. Therefore in the experimental cowshed the layer of straw on the floor should not be less than 10 cm (after a cow has lain down, the thickness of the layer decreases to 3.4-4 cm).

Conclusions

1. The following behavior of animals in the cubicles of cold cowshed has been established on the basis of temperature changes in the floor:

- cows' staying in the cubicles is too short. In the cubicle with rubber rug a cow rests on average for 8.7 hours per day, in the cubicle with straw layer of 2 cm – for 7.5 hours. On average a cow should lie for 12 hours per day;
- in the cubicle with rubber rug the average duration of a cow's lying is 2.2 hours, while in the cubicle with straw litter – 1.9 hours. A cow gets up too often, which allows concluding that the cubicle is not convenient.

2. The straw layer of 2 cm is too thin for the cubicle as release of free heat increases when a cow is lying down. The release of heat to the environment does not increase if the thickness of straw layer is more than 4.5 cm. To decrease the animal energy losses through the floor and to reach the warmth of floor equal to that of a rubber rug, the straw bedding of at least 10 cm is required.

3. In the cold cowshed, at air temperature fluctuations from -9.4°C to 11.6°C , relative humidity varies from 67.4% to 95.2%. In the cowshed, the air is on average by 4.3°C warmer and by 4.2% drier than the outside air. Ventilation intensity is sufficient in the cowshed. Microclimate has no negative impact on animal productivity.

References

1. Burmeister, G.A. (1988). *Einfluß periodisch alternierender Umgebungstemperaturen auf Milchleistung und Thermoregulation von Kühen der Rasse*

Deutsche Schwarzbunte in der ersten Laktation. Dissertation. Berlin, 92 pp.

2. Caenegem, L., Wechsler, B. (2000) *Stallklimawerte und ihre Berechnung*. FAT. Tanikon, 89 pp.

3. Eichhorn, H. (1999) *Landtechnik*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 688 pp.

4. Johannesson, T. (2000) *Welfare Assessment in a Dairy Cattle Herd. The Royal Veterinary & Agricultural University Department of Animal Science and Animal Health*. Copenhagen, 136 pp.

5. Jungbluth, T., Büscher, W., Krause, M. (2005) *Technik Tierhaltung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 303 pp.

6. Keck, M., Zähler, M. (2004) *Minimalställe für Milchkühe bewähren sich. FAT-Berichte No. 620*, Ettenhausen, S.12: <http://www.fat.admin.ch/d/index.html> – accessed on 20 June 2005.

7. Nilsson, C. (1988) *Floors in animal house. Swedish University of Agricultural Sciences. Dissertation*. Sweden, 254 pp.

8. Rorbech, N. (2001) *Indretning af stalde til kveg*.

The Royal Veterinary. Copenhagen, 114 pp.

9. Sallvik, K. (1998) Environment for Animals. *CIGR HANDBOOK Of Agricultural Engineering. Animal Production*. Volume II. Published by: American Society of Agricultural Engineers, pp. 32-54.

10. Stolpe, J. (1985) *Stallklimagestaltung*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 164 pp.

11. Wandel, H. (1998) Nicht jede Liegebox ist tiergerecht. *Aktuelle Arbeiten aus Landtechnik und landwirtschaftlichen Bauwesen. KTBL Arbeitstagung*, pp. 20-21.

12. Wandel, H., Jungbluth, T. (1997) Bewertung neuer Liegeboxenkonstruktionen. *Landtechnik*, T. 5, pp. 266-267.

13. Баротфи, И., Рафаи, П. (1988) *Энергосберегающие технологии и агрегаты на животноводческих фермах*. Москва, Агропромиздат, 225 с.

14. Плященко, С. И., Хохлова, И. И. (1976) *Микроклимат и продуктивность животных*. Ленинград, 207 с.

Anotācija

Lietuvā, tāpat kā citās valstīs, paplašinās govju turēšana nesiltinātās (aukstās) vieglas konstrukcijas kūtīs, kurās īpaša nozīme ir siltai un tīrai dzīvnieku gulīvietai. Tas ir pats nozīmīgākais aspekts, runājot par vidi, kurā tiek turētas govys, jo šī faktora neievērošana izraisa govys organisma normālas darbības traucējumus. Kā liecina mūsu pētījumi, nesiltinātā govju kūtī, ja iekšējās temperatūras izmaiņas ir no -9.4 līdz 11.6°C, iekštelpu gaiss ir par 4.3°C siltāks un par 4.2% sausāks nekā kūts ārpusē, turklāt šādam mikroklimatam nav negatīva ietekme uz dzīvnieku produktivitāti. Pamatojoties uz boksu grīdas temperatūras izmaiņu pētījumiem, noteikts, ka govīm labāk patīk boksi ar gumijas paklājiem, nekā ar 2 cm biezu salmu pakaišu kārtu. Tomēr govju gulēšanas ilgums abu veidu boksos ir pārāk mazs. Boksos ar gumijas paklāju govys guļ vidēji 8.7 h diennaktī, bet boksos ar salmu pakaišiem – 7.5 h diennaktī, lai gan tām būtu jāguļ 12 h diennaktī. Lai nodrošinātu labāku govju atpūtas mikrovidi, iesakām palielināt salmu pakaišu slāni gulīvietās no 2 uz 10 cm un vairāk.

Liepājas speciālās ekonomiskās zonas uzņēmējdarbības vides faktoru ietekme uz uzņēmumu darbības rezultātiem Evaluation of the Impact of Liepaja Special Economic Zone's Entrepreneurship Environment Factors on Companies' Operation Results

Viktorija Raņķevica

LLU Ekonomikas fakultāte, e-pasts: Viktorija.rankevica@lba.lv

Faculty of Economics, LLU, e-mail: Viktorija.rankevica@lba.lv

Abstract. Four free economic zones in Latvia have been operating already for eight years. The largest number of companies (30 companies) operate in Liepaja special economic zone which also includes characteristics of a free port. The aim of the research paper was to study the factors influencing companies' operation within the status of Liepaja special economic zone and to establish the most significant problems related to it. The research was carried out from May 9 to August 10 of the year 2005. The results indicate that companies are interested in continuing their operation in the status of special economic zone enterprises over the succeeding years as most of the companies are planning to enlarge their exports and continue investing.

Key words: special economic zone enterprises, problems, coherences.

Ievads

Latvijā četras brīvās ekonomiskās zonas (BEZ) reāli darbojas jau astoto (Liepājas un Rēzeknes speciālās ekonomiskās zonas) un deviņo (Rīgas un Ventspils brīvostas) gadu, tomēr pētījumi par to darbību ir nepietiekami un publikāciju ir maz. S. Keišs, A. Dubenlāze (1999) un V. Raņķevica (Raņķevica, 2004) apskatījuši BEZ klasifikāciju un darbību pasaulē, O. Pavuk un U. Spuriņš (1999) pētījuši vēsturiskos un likumdošanas aspektus, īpašu uzmanību pievēršot Baltijas reģionam, bet S. Babuškins (2002) pievērsis uzmanību Latvijas speciālajām ekonomiskajām zonām (SEZ) kā instrumentam reģionālo atšķirību izlīdzināšanai.

Sakarā ar iestāšanās procesu Eiropas Savienībā (ES), vairākus gadus daudz tika diskutēts par BEZ turpmāko pastāvēšanu un atbilstību ES prasībām, bet pēc veiktajām likumu izmaiņām, tās Latvijā darbosies līdz 2017. gadam kā viens no reģionālās attīstības instrumentiem.

Astoņi gadi ir pietiekami ilgs periods, lai BEZ uzņēmumu vadītāji būtu guvuši zināmu pieredzi un atziņas, darbojoties šajā statusā. Par pētījuma objektu tika izvēlēta Liepājas SEZ, jo tajā ir visvairāk uzņēmumu (30), kas darbojas BEZ statusā. Pārējās BEZ darbojošos uzņēmumu skaits ir daudz mazāks (8-18). Liepājas SEZ ir optimālākais BEZ variants, jo apvieno gan brīvostas, gan speciālās ekonomiskās zonas iezīmes.

Pētījuma mērķis: Liepājas SEZ uzņēmēju darbību ietekmējošie faktori un galvenās problēmas.

Mērķa sasniegšanai risināti šādi **uzdevumi**:

1) izvērtēti Liepājas SEZ uzņēmumu darbības raksturojošie rādītāji;

2) pētītas SEZ uzņēmumu darbības galvenās priekšrocības un trūkumi;

3) analizētas sakarības starp dažādiem uzņēmumu darbību raksturojošiem rādītājiem.

Pētījuma metode

Informācijas ieguvei izmantota socioloģisko pētījumu metode – **anketēšana**. Anketa izveidota no 25 jautājumiem, kas sniedz informāciju:

1) vispārēju – par uzņēmuma darbības nozari, strādājošo skaitu, ārvalstu kapitāla piesaisti, apgrozījumu un peļņu, darbības laiku BEZ statusā;

2) par produkcijas eksporta un izejvielu/materiālu iepirkšanas valstīm;

3) par SEZ statusa svarīgākajām priekšrocībām un risināmajiem jautājumiem, lai sekmētu darbošanos SEZ statusā;

4) par anketas aizpildītāju.

Aptaujas datu statistiskai apstrādei un analīzei pielietotas **MS „Excel”** un **SPSS (Statistical Package for the Social Science) „Exact Tests 14.0 for Windows”** programmas (paredzētas kopām, kur $N < 30$). χ^2 kritērija metode izmantota sakarību noteikšanai.

Ierobežotā apjoma dēļ rakstā sniegti tikai galvenie pētījuma rezultāti.

Diskusija un pētījuma rezultāti

BEZ ir ierobežota ģeogrāfiska teritorija vai uz eksportu orientēta rūpnīca, vai pakalpojumu uzņēmums, kas atrodas jebkurā valsts daļā, kurš gūst labumus no speciāliem investīciju stimuliem, ietverot atbrīvojumus no muitas nodevām, un kuram ir speciāls līgums fiskālu un finansiālu atvieglojumu saņemšanai (Romero, 1995).

Lai izvēlētos BEZ, kur dibināt uzņēmumu, investoriem jāizvērtē vairāki faktori, precīzāk, faktoru komplekss, kurā ietilpst:

1) likumi un noteikumi, kurus attiecīgajā BEZ ir noteikusi valdība;

2) tās stratēģiskā atrašanās vieta;

3) darbaspēka izmaksas;

4) infrastruktūra (Van Der Zande, 2003).

Latvijai ir raksturīgs, ka ekonomiskā rosība ir koncentrējusies dažos reģionos (Rīga, Ventspils), novārtā atstājot citus, kur daudzi rādītāji ir daudz zemāki par vidējo līmeni valstī. Reģionālajām atšķirībām starp Latvijas novadiem nav tendences samazināties. Lai izietu no augstāk minētā loka, valstij ir jāpiedalās ar papildu stimulu paketi investīciju vides attīstībai šajos reģionos. SEZ izveide ir viens no šādiem instrumentiem, lai veicinātu uzņēmējdarbības attīstību un reģionālo atšķirību izlīdzināšanos (Babuškins, 2002).

Pētot BEZ ekonomikas attīstības teorijās, autore secina, ka Latvijā dibinātajām SEZ būtu piemērojama reģionu nesabalansētas attīstības teorija, kuras piekritēji J. Litvaks un I. Kvians aizstāv uzskatu, ka, ja valstij nav pietiekamu resursu, lai vienmērīgi attīstītu visus reģionus, tad atsevišķu reģionu paātrināta attīstība (domātas BEZ arī Krievijā un citās pārejas ekonomikās Eiropā) šādos gadījumos varētu būt labākais risinājums (Litwack, Quian, 1998).

Latvijā jau vairākus gadus darbojas četras BEZ: Rīgas brīvosta un Ventspils brīvosta no 1996. gada, Liepājas speciālā ekonomiskā zona un Rēzeknes speciālā ekonomiskā zona no 1997. gada.

Tuvojoties iestāšanās brīdim Eiropas Savienībā, nodokļu likumi bija jāpielāgo ES prasībām. Šajā sakarā īpaši asas diskusijas izvērsās par to turpmāko pastāvēšanu, jo eksistēja diezgan pretrunīgi viedokļi pat valdības līmenī.

Ekonomikas ministrs A. Kalvītis: „Liepājā SEZ devusi ļoti lielu efektivitāti. Nemaz nevar salīdzināt, kāda Liepāja bija pirms 5 gadiem un kāda tā ir tagad. Rēzeknē pieaugums nav tik straujš, bet tas ir tikai laika jautājums.” (Petruševiča, 2001, 50. lpp.)

Pretējās domās ir īpašo uzdevumu ministrs R. Zīle: „Kopumā speciālo ekonomisko zonu veidošana tomēr nav attaisnojusies. Es neuzskatu, ka mēs varētu runāt par kādu milzu ekonomisku efektu, kādu būtu devušas šīs zonas konkrēto reģionu vai Latvijas attīstībā. Tiesa, Liepājas SEZ notikusi privatizācija, ostā pieaudzis kravu apjoms un tas liecina par noteiktu ekonomisko aktivitāti un interesi par reģionu, bet ekonomiski vēl būtu jāizvērtē, vai tas noticis tieši SEZ ietekmē. Taču Rēzeknes gadījumā vismaz man kā valdības loceklim par ekonomisko attīstību nekas nav zināms.” (Petruševiča, 2001, 50. lpp.)

Neapšaubāmi, ka pirmos SEZ darbības gados valsts budžets nesaņēms zināmas nodokļu summas (kā to argumentē Finanšu ministrijas pārstāvji), tomēr, skatoties ilgākā perspektīvā, tas noteikti atmaksāsies. Radot investīcijām labvēlīgu vidi, palielināsies investīciju apjoms, kas savukārt palielinās nodarbinātību,

un vienlaicīgi palielināsies arī iedzīvotāju ienākuma nodokļu maksājumi (Babuškins, 2002).

Pirms iestāšanās ES nodokļu likumi tika saskaņoti, un BEZ pastāvēšana tagad ir saistāma ar Eiropas Kopienas dibināšanas līguma 87. panta 3. punkta (a) un (c) sadaļu.

EK dibināšanas līguma 87. panta 3. punkta sadaļa (a) nosaka, ka ar kopējo tirgu ir saderīgs tāds atbalsts, kas tiek sniegts reģioniem, kuros salīdzinājumā ar EK vidējiem rādītājiem ir ārkārtīgi zems dzīves līmenis vai arī nopietnas bezdarba problēmas. Reģions var iegūt 87. panta 3. punkta sadaļas (a) statusu, ja tā IKP uz vienu iedzīvotāju ir mazāks par 75% no Kopienas vidējā rādītāja (Komercedarbības atbalsta rokasgrāmata, 2004). Šīs sadaļas ietvaros pilnībā ir attaisnojama Liepājas un Rēzeknes speciālo ekonomisko zonu darbība, kuru galvenais dibināšanas mērķis ir reģionu attīstība.

EK dibināšanas līguma 87. panta 3. punkta sadaļa (c) attiecas uz problēmteritorijām tajos reģionos, kas dod iespēju dalībvalstīm attīstīt atsevišķas tautsaimniecības jomas. Rīgas un Ventspils brīvostu dibināšanas galvenais mērķis ir ostu konkurētspējas paaugstināšana, un to var uzskatīt par palīdzību, kas attīsta atsevišķas tautsaimniecības jomas.

Daudzi uzņēmumi, darbojoties SEZ statusā, guvuši zināmu pieredzi, uz kuras balstoties, varētu izdarīt kādus secinājumus. Lai iegūtu informāciju, tika veikta Liepājas SEZ uzņēmumu vadītāju aptauja. Rezultātā (no 30 uzņēmumiem) tika iegūtas atbildes no 28 uzņēmumu vadītājiem (93.3%).

Respondentu raksturojums

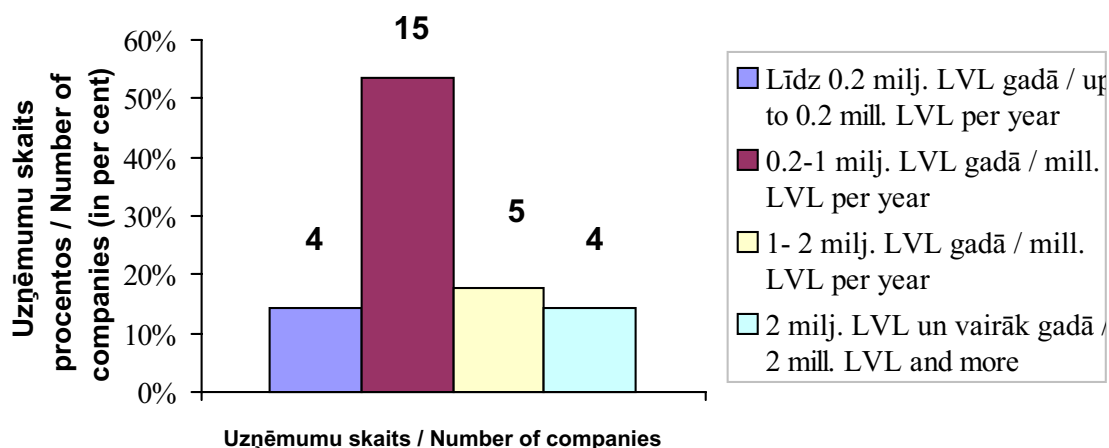
Liepājas SEZ uzņēmēju aptauja tika veikta periodā no 2005. gada 9. maija līdz 2005. gada 10. augustam. Kaut arī anketā bija norādīts, ka tās rezultāti tiks apkopoti kā anonīmi, divu uzņēmumu vadītāji (no 30) kategoriski atteicās sniegt jebkādas intervijas.

Aptaujā bija paredzēts saņemt atbildes no uzņēmumu vadītājiem vai to izvēlētajām kompetentām personām no administrācijas personāla. No visiem aptaujātajiem 18 respondenti (64%) ir uzņēmuma vadītāji, 3 (11%) ir vadītāji un īpašnieki, 3 (11%) – grāmatveži, bet 4 (14%) – citi administrācijas pārstāvji.

Pēc vecuma grupām respondenti iedalās šādi: 8 (29%) aptaujas dalībnieki ir līdz 30 gadiem, 8 (29%) – no 31 līdz 40 gadiem, 9 (32%) – no 41 līdz 50 gadiem, 2 (7%) – no 51 līdz 60 gadiem, 1 (3%) dalībnieks ir vecāks par 61 gadu.

Starp 28 aptaujas dalībniekiem lielākai daļai respondentu ir augstākā izglītība – 23 (82%) –, 3 (11%) ir vidējā speciālā un 2 (7%) – vidējā izglītība.

Īpašnieki visi ir ar augstāko izglītību, bet starp vadītājiem trīs ir ar vidējo vai vidējo speciālo izglītību un vecuma grupā līdz 30 gadiem, starp kuriem viens mācās augstskolā.



1. att. Uzņēmumu grupējums pēc gada apgrozījuma.
Fig. 1. Classification of companies by yearly turnover

Uzņēmumu raksturojums

Apmēram trešajai daļai Liepājas SEZ uzņēmumu – 9 (32%) – ir 7-8 gadu stāžs, un 8 (29%) uzņēmumiem ir 5-6 gadu stāžs. Tādēļ ir pamats uzskatīt, ka uzņēmēju sniegtās atbildes aptaujas gaitā balstās jau uz diezgan lielu pieredzi, uzņēmumam darbojoties SEZ statusā. SEZ statusā 3-4 gadus darbojas 6 (21%) uzņēmumi, kas arī liecina par zināmu pieredzi. Tikai 5 (18%) uzņēmumu darbības laiks ir līdz 2 gadiem.

Pētījuma rezultāti rāda, ka Liepājas SEZ uzņēmumus pēc darbības nozarēm var iedalīt šādi: 14 (50%) uzņēmumi – pakalpojumu sniegšana; 7 (25%) uzņēmumi – metālapstrāde; 4 (14.3%) uzņēmumi – kokapstrāde; 4 (14.3%) uzņēmumi – pārtikas rūpniecība.

Visi Liepājas SEZ uzņēmumi attiecināmi pie mazajiem un vidējiem uzņēmumiem. Vislielākais uzņēmumu skaits – 9 (32%) – ir grupā ar 21–50 strādājošiem, viena ceturtdaļa – 7 uzņēmumi – nodarbina tikai līdz 20 strādājošo, tad seko 5 uzņēmumi grupā ar 51–100 strādājošiem, bet 101–150 strādājošo grupā ir trīs uzņēmumi, un tikai viens uzņēmums nodarbina vairāk par 151 strādājošo.

Pēc gada apgrozījuma apjoma vislielākais uzņēmumu skaits – 15 (54%) – ir grupā no 0.2 līdz 1 milj. LVL gadā, tālāk seko 5 (18%) uzņēmumi grupā ar apgrozījumu 1-2 milj. LVL gadā, 4 (14%) uzņēmumi ar mazu apgrozījumu – līdz 0.2 milj. LVL gadā un 4 (14%) uzņēmumi, kuru apgrozījums pārsniedz 2 milj. LVL gadā (skat. 1. att.).

Vērtējot Liepājas SEZ uzņēmumus pēc ārvalstu kapitāla piesaistes uzņēmuma pamatkapitālā, iegūtie rezultāti rāda, ka SEZ ir piesaistījis vienādu skaitu vietējo (11) un ārvalstu investoru (11), un 6 uzņēmumos ir gan vietējais, gan ārvalstu kapitāls. Faktiski Liepājas SEZ uzņēmumu ārvalstu kapitālu ir par diviem vairāk (kopā 13 uzņēmumi), bet aptaujā divi no tiem kategoriski atteicās piedalīties.

Finansiālās darbības rezultātu – peļņu vai zaudējumu – var iedalīt šādi:

- 13 uzņēmumu peļņa palielinās;
- 6 uzņēmumi strādā ar zaudējumiem;
- 10 uzņēmumu peļņa svārstās.

Jāatzīmē, ka pētījumā piedalās četri uzņēmumu vadītāji, kuri savu darbību sākuši tikai 2004. gadā, tādēļ peļņas vai zaudējumu aprēķinā objektīvi nav iespējams novērot jebkādas tendences; divu jaundibināto uzņēmumu vadītāji tomēr uzskata, ka peļņa palielinās.

Produkcijas eksports un izejvielu/materiālu ievēšana

Pētījuma daļā par eksportu 4 (14%) uzņēmumu vadītāji atbildējuši, ka pakalpojumus neeksportē, 2 (7%) uzņēmumi eksportē līdz 25% pakalpojumu vai produkcijas, 4 (14%) uzņēmumi eksportē 25-50% pakalpojumu vai produkcijas, bet 18 (64%) uzņēmumi eksportē lielāko daļu produkcijas vai pakalpojumu.

Aptaujātie Liepājas SEZ uzņēmumi eksportē uz šādām valstīm: lielākā daļa – 10 (36%) – uzņēmumu eksportē uz Dāniju, 7 (25%) – uz Vāciju, 6 (21%) – uz Zviedriju un Lielbritāniju, 5 (18%) – uz Lietuvu un Krieviju, bet uz kaimiņvalsti Igauniju – tikai 2 (7%) uzņēmumi.

Punktā „Citas valstis” daži respondenti (25%) nav minējuši, kuras tās ir, bet citi ierakstījuši pat vairākas, starp kurām minēta Uzbekistāna, Baltkrievija, Moldova, Austrija, Šveice, Somija, ASV, Kanāda un Dienvidamerika.

Lielākā daļa SEZ uzņēmumu vēlas paplašināt savu eksporta tirgu, bet pieci respondenti šādu vēlēšanos nav izteikuši. Pēc aptaujas rezultātiem var secināt, ka lielākā daļa – 9 (32%) – uzņēmumu vēlas paplašināt eksportu uz Krieviju, tad seko Vācija – 7 (25%) uzņēmumi, Igaunija un Lietuva – 6 (21%) uzņēmumi. Punktā

„Citas valstis” respondenti minējuši, ka vēlas paplašināt eksportu uz Ukrainu, Baltkrieviju, Austriju un Skandināviju. Jāatzīmē, ka vairāki uzņēmēji par perspektīvu uzskata eksporta attīstību uz lielajām valstīm – Krieviju un Vāciju.

Par izejvielu/materiālu izmantošanu Liepājas SEZ uzņēmumos saņemtas šādas atbildes: 5 (18%) uzņēmumi savā darbībā vispār neizmanto izejvielas/materiālus, 7 (25%) uzņēmumi jeb viena ceturtdaļa izmanto tikai importētās izejvielas/materiālus, bet 4 (14%) uzņēmumi izmanto tikai vietējās izejvielas/materiālus, 12 (43%) uzņēmumi izmanto gan vietējās, gan ievestās izejvielas.

Izejvielu/materiālu importa valstis ir šādas: lielākā daļa uzņēmumu – 8 (29%) – no Dānijas, 6 (21%) uzņēmumi – no Zviedrijas, bet no Lietuvas un Krievijas – 5 (18%) uzņēmumi no katras valsts. Nosaukums „Citas valstis” ietver Poliju, Vāciju, Uzbekistānu, Nīderlandi un Itāliju.

Ja vietējiem uzņēmumiem ir iespējams ar izejvielām un materiāliem apgādāt BEZ uzņēmumus, tad šāds process veicina zonas integrāciju reģionālajā un nacionālajā ekonomikā, kā arī reģionālo attīstību ārpus tuvējā anklāva struktūras. Eventuāli jācer, ka vietējie piegādātāju uzņēmumi nākotnē varētu iziet starptautiskajā tirgū (Madani, 1999).

Liepājas SEZ uzņēmumu saiknes ar vietējo ekonomiku ir ciešas, jo lielākā daļa uzņēmumu izmanto vietējās izejvielas/materiālus.

SEZ statusa priekšrocības un svarīgākās problēmas

Uz jautājumu „Vai Jūs apmierina spēkā esošās nodokļu atlaides?” vairums respondentu – 17 (61%) – atbildējuši ar „nē”, bet 11 (39%) respondenti ir apmierināti ar piedāvātajām nodokļu atlaidēm.

No aptaujātajiem uzņēmumiem 24 (86%) izmanto nodokļu atvieglojumus sakarā ar investīcijām, 4 (14%)

uzņēmumi, kuru starpā 2 ir iepriekšējā (2004.) gadā dibināti uzņēmumi, tos neizmanto.

Īpašuma nodokļa atvieglojumus sakarā ar investīcijām izmanto 24 (86%) uzņēmumi, bet UIN (uzņēmumu ienākuma nodoklis) atvieglojumus saņem 16 (57%) uzņēmumi.

Tā kā īpašuma nodokļa un UIN atlaides ir saistītas ar investīcijām, tad būtiski bija saņemt atbildes no respondentiem par turpmākajiem investīciju plāniem (2. att.).

Pētījuma rezultāti rāda, ka lielākā daļa uzņēmumu (24 uzņēmumi jeb 86%) plāno investēt modernajās iekārtās, tālāk seko ieguldījumi infrastruktūrā – 12 (43%) uzņēmumi – un augsti attīstītajās tehnoloģijās – 11 (39%) uzņēmumi. Divu uzņēmumu vadība turpmāk neplāno investēt, bet jāatzīmē, ka līdz šim tie ir izmantojuši nodokļu atvieglojumu sakarā ar investīcijām.

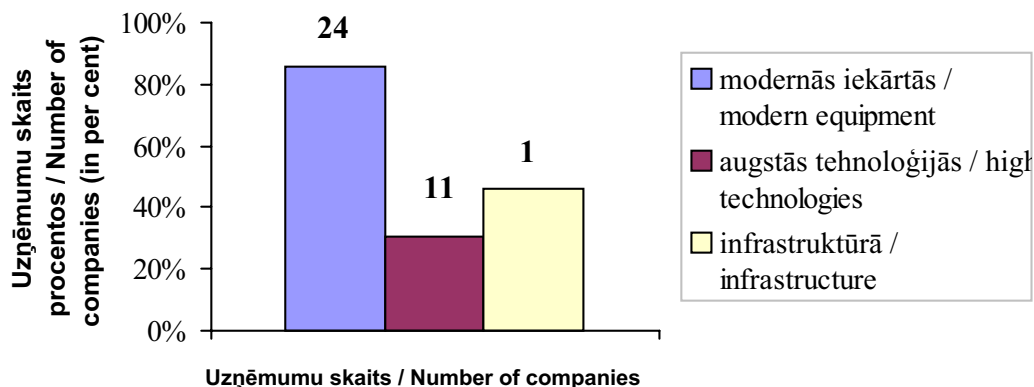
Uz jautājumu „Vai jūs apmierina SEZ statusa darbības termiņš līdz 2017. gadam?” 11 (39%) respondenti snieguši apstiprinošu atbildi, bet lielākā daļa – 17 (61%) – vēlētos garāku darbības termiņu.

Interesants ir fakts, ka SEZ uzņēmumu vadītāji – 24 (86%) – pārsvarā izsakās apmierinoši par sadarbību ar SEZ administrāciju. Neapmierināti par sadarbību ar Liepājas SEZ administrāciju ir 4 (14%) uzņēmumu vadītāji.

Jautājumā „Kuras priekšrocības Jūs uzskatāt par svarīgākajām, darbojoties SEZ statusā?” bija jāatzīmē 3 līdz 5 svarīgākās priekšrocības. Atbildes uz šo jautājumu apkopotas 1. tabulā.

Gandrīz visi respondenti – 27 (96%) – par svarīgāko priekšrocību atzīmējuši „Nodokļu atlaides”, tālāk pēc nozīmīguma seko „Izdevīga atrašanās vieta” – 23 (82%) respondenti – un „Preču transportēšanas iespējas” – 16 (57%) respondenti.

Lai izvērtētu svarīgākās problēmas, uzņēmumiem darbojoties SEZ statusā, pētījuma gaitā noskaidrojams jautājumu loks tika sadalīts trīs līmeņos:



2. att. Liepājas SEZ uzņēmumu plānotie investīciju mērķi.

Fig. 2. Investment plans of Liepāja FEZ companies.

Svarīgākās priekšrocības, darbojoties Liepājas SEZ statusā
Most significant preferences when operating within the status of Liepaja FEZ enterprises

Priekšrocības / Preferences	Uzņēmumu skaits / Number of companies	% no respondentu skaita / % of totality
1. Nodokļu atlaides / Tax allowances	27	96
2. Izdevīga atrašanās vieta / Convenient location	23	82
3. Preču transportēšanas iespējas / Goods transportation facilities	16	57
4. Attīstīta infrastruktūra / Developed infrastructure	12	43
5. Muitas procedūru atvieglojumi / Simplification of customs procedures	9	32
6. Augsti kvalificēts darbaspēks / Highly skilled labour force	3	11
7. Zemas darbaspēka izmaksas / Low labour force costs	2	7
8. SEZ administrācijas mārketinga aktivitātes / Marketing activities of SEZ administration	2	7
9. Zemas vietējo izejvielu izmaksas / Low costs of local raw material	1	4

- 1) valsts;
- 2) SEZ administrācijas;
- 3) uzņēmuma.

Pēc saņemtajām atbildēm uz jautājumu „Kādas problēmas būtu jārisina valstij, lai veicinātu uzņēmumu darbību SEZ statusā?” var secināt, ka 19 (68%) respondenti vēlētos vēl lielākas nodokļu atlaides, 12 (43%) uzņēmumu vadītāji uzskata, ka valstij būtu jānodrošina atvieglota kredītu saņemšana, 6 (21%) vēlas muitas procedūru atvieglojumus, 3 (14%) uzskata, ka valstij aktīvi jāiesaistās arī citu problēmu risināšanā:

- a) jāpiedalās infrastruktūras attīstīšanā;
- b) jāinformē ārvalstu investorus par Latvijas BEZ;
- c) aktīvi jāpiedalās starpvalstu attiecībās par tarifu problēmu risināšanu;
- d) jāveicina tranzīts ar Krieviju.

Galvenie risināmie jautājumi Liepājas SEZ administrācijas līmenī ir šādi: svarīgākais jautājums vairāk nekā pusei respondentu – 16 (57%) – ir infrastruktūras uzlabošana, 12 (43%) respondentiem svarīgs ir nodrošinājums ar tirgus izpētei pieejamiem informācijas avotiem, un 8 (29%) respondenti uzskata, ka Liepājas SEZ administrācijai jāpalielina mārketinga aktivitātes.

Pie citiem SEZ administrācijas risināmiem jautājumiem atzīmēti:

- a) tiešs darbs ar valdību par tarifa problēmu risināšanu;
- b) mārketinga kvalitātes uzlabošana;
- c) aktīvāka sadarbība ar valsts struktūrām par infrastruktūras sakārtošanu.

Liepājas SEZ uzņēmumu risināmie jautājumi pēc svarīguma sakārtoti 2. tabulā.

Galvenais risināmais jautājums vairāk nekā pusei uzņēmumu – 17 (61%) – ir iekārtu modernizēšana, otrajā vietā 14 (50%) uzņēmumiem ir darbinieku kvalifikācijas paaugstināšana, bet trešajā vietā ir produkcijas/pakalpojumu kvalitātes paaugstināšana – 11 (39%) uzņēmumiem. Citu problēmu skaitā minētas: ražošanas jaudu palielināšana, sadarbības partneru atrašana.

Uz aptaujas noslēdzošo jautājumu „Vai uzskatāt uzņēmuma darbību par veiksmīgu?” saņemtas šādas atbildes:

- a) „jā” uzskata 23 (82%) uzņēmumu vadītāji vai administrācijas pārstāvji;
- b) „nē” uzskata 5 (18%) uzņēmumu vadītāji vai administrācijas pārstāvji.

2. tabula / Table 2

Liepājas SEZ uzņēmumu risināmie jautājumi, lai veicinātu darbību SEZ statusā
Problems dealt with by companies of Liepaja FEZ to promote operation within the status of FEZ enterprises

Risināmie jautājumi/Problems	Uzņēmumu skaits / Number of companies	% no respondentu skaita / % of totality
1. Iekārtu modernizēšana / Modernization of equipment	17	61
2. Darbinieku kvalifikācijas paaugstināšana / Professional skills development	14	50
3. Produkcijas/pakalpojumu kvalitātes paaugstināšana / Increasing of goods/services quality	11	39
4. Augsti attīstītu tehnoloģiju ieviešana / Introduction of high technologies	9	32
5. Jaunu investīciju piesaistīšana / Attraction of new investments	9	32
6. Kvalitātes nodrošināšanas sistēmas ieviešana / Adoption of the quality assurance system	8	29
7. Citas problēmas / Other problems	3	11

Hipotēžu pārbaude, salīdzinot dažādus raksturojošus rādītājus

Ņemot vērā iegūtos rezultātus, pētījuma mērķa sa-
sniegšanai tika izvirzītas vairākas hipotēzes, kuru pār-
baudei izmantoti I. Arhipovas un S. Bāliņas (2003)
risinājumi ar SPSS, bet datu apstrādei – SPSS „Exact
Tests 14.0 for Windows” programma, kas paredzēta
nelielām datu kopām (paraugkopas apjoms mazāks par
30 gadījumiem) un gadījumos, kad kontingences tabulā
gadījumu skaits šūnās ir mazāks par 5. Ar nepara-
metrisku testu palīdzību tika apstrādāti aptaujas dati,
kas pieder nominālai un ordinārai skalai.

Ja izvēlētajām pazīmēm raksturīgi dažādas izcelsmes
rādītāji (nominālie, ordinālie), tad sakarības lieluma
noteikšanai starp jebkurām divām pazīmēm var izmantot

nominālo pazīmju sakarības noteikšanas metodes, kas
ļauj visas sakarības analizēt kompleksi.

Izvēlētais sakarības pārbaudei izmanto kontingences
metodi, un kontingences analīzes pamatā ir χ^2 vērtība.
Iegūto aptaujas rezultātu novērtēšanai izvēlas divas
pazīmes ar *l* un *m* pazīmju gradācijām.

Pētījuma metodikas izklāstam pieņemtas hipotēzes.

1. hipotēze. Uzņēmuma peļņa vai zaudējumi nav
atkarīgi no uzņēmumu darbības stāža SEZ statusā.

Hipotēzes pārbaudei izskatīsim divus aptaujas jau-
tājumus (pazīmes):

1) vai uzņēmuma peļņa palielinās, samazinās vai
svārstās;

2) cik gadus uzņēmums ir BEZ statusā.

3. tabulā ir apkopota aptaujas gaitā iegūtā infor-

3. tabula / Table 3

Aptaujas rezultāti par uzņēmuma peļņu vai zaudējumiem un uzņēmuma darbības stāžu
Questionnaire results on the company's profit and losses and seniority of operation

		Cik gadus uzņēmums ir BEZ statusā? / How long is the company in FEZ status?				Kopā/ Total
		līdz 2 gadiem / up to 2 years	3–4 gadi / years	5–6 gadi / years	7–8 gadi / years	
Vai uzņēmuma peļņa palielinās ? Does the company's profit rise?	Jā / Yes	2	2	6	3	13
	Nē, strādā ar zaudējumiem / The company operates with losses	1	2	0	1	4
	Svārstās / Unstable	2	2	2	5	11
Kopā / Total		5	6	8	9	28

mācība par uzņēmumu finansiālo rezultātu atkarībā no darbības stāža BEZ statusā.

Pēc apkopotajiem datiem redzams, ka sakarība jānosaka starp nominālām un ordinālām pazīmēm. Pārbaudāmās hipotēzes ir:

- 1) H_0 – pārbaudāmās pazīmes ir neatkarīgas;
- 2) H_1 – pārbaudāmās pazīmes ir atkarīgas.

Lai varētu novērtēt atšķirību nozīmīgumu starp reāliem datiem (v_{ij}), kuri konstruēti atbilstoši hipotēzei par pazīmju neatkarību ($\hat{v}_{ij}$), pielietojam kvadrātiskās saskaņošanas koeficientu χ^2 . Šī koeficienta aprēķini veikti, summējot v_{ij} un $\hat{v}_{ij}$ relatīvās starpības visās saskaņošanas tabulas ailēs (Krastiņš, 2003):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \frac{(v_{ij} - \hat{v}_{ij})^2}{\hat{v}_{ij}}. \quad (1)$$

Pārveidojot (1) formulu, iegūta (2) formula:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \frac{v_{ij}^2}{v_i v_j} - 1. \quad (2)$$

Ievietojot attiecīgos skaitļus formulā (2) un aprēķinot χ^2 pēc datiem 3. tabulā, iegūstam, ka χ^2 vērtība ir vienāda ar 5.93. Vadoties pēc (2.) formulas, pazīmes ir atkarīgas tad, ja $\chi^2=0$. Bet šis apgalvojums ir pareizs tajā gadījumā, kad dati saskaņošanas tabulā pieder ģenerālkopai. Tādēļ par galveno χ^2 kritēriju pielietošanas mērķi aptaujas apstrādē ir izvēlētas tādas kritiskās vērtības χ_{kr}^2 noteikšana, kad varbūtība iegūt χ^2 vērtību, kura ir lielāka par χ_{kr}^2 , būtu minimāla. Tādējādi, ja $\chi^2 > \chi_{kr}^2$, tad hipotēze par sakarības neesamību starp pazīmēm pie izvēlēta nozīmīguma līmeņa α uzskatāma par noraidītu.

Lai noteiktu χ_{kr}^2 , nepieciešams aprēķināt brīvības pakāpju vērtības aptaujas pazīmju variantiem:

$$k = (l - 1)(m - 1) \quad (3),$$

kur l un m – pazīmju gradācijas.

Attiecībā ar jautājumiem „Vai uzņēmuma peļņa palielinās?” un „Cik gadus uzņēmums ir BEZ statusā?”, brīvības pakāpju skaits ir: $k = (3-1)(4-1) = 6$.

Izvēloties nozīmīguma līmeni $\alpha=0.5$, pēc tabulas (Arhipova, Paura, 2002) $\chi_{kr}^2 = 12.59$. Izrēķinātajā piemērā $\chi^2 = 5.93$, tas ir, $\chi^2 < \chi_{kr}^2$, $5.93 < 12.59$. Starp pazīmēm nepastāv sakarība. Tādu pašu rezultātu iegūstam ar SPSS „Exact Tests 14.0 for Windows” programmu, jo p vērtība ir lielāka par 0.05 (Exact Sig(2-sided) – 0.479). To apstiprina arī χ^2 aprēķinātā vērtība 5.926 ar brīvības pakāpju (df) skaitu 6, un tā ir mazāka par teorētisko χ_{kr}^2 vērtību 12.59. Gadījumos, kad $\chi^2 < \chi_{kr}^2$, nevar noraidīt H_0 , pazīmes ir neatkarīgas.

Izvēlēto faktoru savstarpējā sakarība nav būtiska, jo uzņēmuma darbības finansiālo rezultātu neietekmē tā darbības stāžs BEZ statusā.

Turpmākās sakarības tiks aprēķinātas tikai ar SPSS „Exact Tests 14.0 for Windows” programmu.

2. hipotēze. Uzņēmuma nodokļu atlaizņu izmantošana nav atkarīga no tā, vai uzņēmums strādā ar peļņu vai zaudējumiem.

Pēc iegūtajiem rezultātiem p vērtība ir 0.623, kas apstiprina, ka nevar noraidīt H_0 . Izvēlētie faktori nav būtiski. Uzņēmuma peļņa vai zaudējumi neietekmē nodokļu atlaizņu saņemšanu sakarā ar investīcijām, jo nodokļu atlaides vispirms saņem no nekustamā īpašuma nodokļa, un pēc tam seko UIN, kas tiek veikts pēc speciāla aprēķina. Autores iepriekšējā pētījuma dati rāda, ka no peļņas aprēķinātais UIN Liepājas SEZ uzņēmumos vidēji gadā tiek samazināts tikai par 5.2%.

3. hipotēze. Uzņēmuma veiksmes vērtējums nav atkarīgs no ārvalstu kapitāla piesaistes uzņēmumā.

Uzņēmuma darbības veiksmes vērtējums nav viennozīmīgs. Faktiskā χ^2 testa vērtība ir 4.036, brīvības pakāpju skaits ir 2, un p vērtība ir 0.224. Salīdzinot χ_{kr}^2 vērtību ar faktisko 4.61 > 4.036, pastāvot varbūtībai 90%, to atšķirība ir neliela. Ar varbūtību 77.6% var apgalvot, ka uzņēmuma darbības veiksmes vērtējums ir saistīts ar ārvalstu kapitāla daļu piesaisti. Pēc aptaujas datiem, vienpadsmit uzņēmumi ir atbildējuši, ka to pamatkapitāls ir pilnībā ārvalstu, un visi snieguši atbildi, ka to darbība vērtējama kā veiksmīga.

4. hipotēze. Uzņēmuma darbības veiksmes vērtējums nav atkarīgs no vadītāja vecuma.

Piemēram, ja uzņēmuma darbību par veiksmīgu vecuma grupā no 31 līdz 40 gadiem ir uzskatījušas 8 personas, kas ir 34.8% no visiem veiksmīgajiem vērtētājiem, tad, ja pazīmes būtu neatkarīgas, uzņēmuma darbību par veiksmīgu būtu jāuzskata 7 (sagaidāmās frekvences 6.6) personām. Šajā grupā nav neviena, kas uzņēmuma darbību vērtē kā neveiksmīgu, bet, ja pazīmes būtu neatkarīgas, tad vajadzētu būt vismaz vienai personai (sagaidāmās frekvences 1.4).

Uzņēmuma darbības veiksmes vērtējums ir atkarīgs no vecuma grupas. Uzņēmuma darbību par veiksmīgu visvairāk ir novērtējuši tie vadītāji, kuru vecums ir robežās no 31 līdz 40 gadiem. Pēc „Exact Tests” rezultātiem ar varbūtību 87% var apgalvot, ka pazīmes ir atkarīgas ($p = 0.129$).

5. hipotēze. Uzņēmuma darbības veiksmes vērtējums nav saistīts ar uzņēmuma finanšu rezultātu.

Aptaujas rezultāti apkopoti 4. tabulā: tie uzņēmumi, kuru peļņa palielinās, savu darbību uzskata par veiksmīgu. Savukārt no četriem uzņēmumiem, kuri strādā ar zaudējumiem, trīs sava uzņēmuma darbību uzskata par nesekmīgu. Optimistiski noskaņoti ir arī tie uzņēmumu vadītāji, kuru finansiālās darbības rezultāts svārstās pa gadiem. Desmit no vienpadsmit atbildējušiem uzskata sava uzņēmuma darbību par veiksmīgu.

Pēc „Exact Tests” rezultātiem, ar varbūtību 99% var apgalvot, ka pazīmes ir atkarīgas ($p = 0.011$). Faktori ir būtiski, jo starp tiem ir ļoti ciešas sakarības. Uzņēmuma darbības veiksmes vērtējums ir saistīts ar tā finansiālās darbības rezultātu.

4. tabula / Table 4

Uzņēmuma darbības veiksmes vērtējums atkarībā no finansiālās darbības rezultāta
Evaluation of the company's operation success by financial results

		Vai uzņēmuma peļņa palielinās? / Does the company's profit rise?			Kopā / Total
		Jā / Yes	Nē, strādā ar zaudējumiem / The company operates with losses	Svārstās / Unstable	
Vai uzņēmuma darbība ir veiksmīga? / Is the company's operation successful?	Jā	12	1	10	23
	Nē	1	3	1	5
Kopā/Total		13	4	11	28

6. hipotēze. Apmierinātība ar uzņēmuma darbības termiņu SEZ statusā nav atkarīga no ārvalstu kapitāla piesaistes.

Pēc „Exact Tests” rezultātiem, ar varbūtību 90% var apgalvot, ka pazīmes ir atkarīgas ($p = 0.103$). Faktori ir būtiski, jo starp tiem ir ciešas sakarības. Septiņi SEZ uzņēmumi no vienpadsmit, kuros pilnībā ir ārvalstu kapitāls, ir apmierināti ar darbības termiņu līdz 2017. gadam, bet no SEZ uzņēmumiem ar vietējo kapitālu tikai divi ir apmierināti ar darbības termiņu. Ienākušajiem ārvalstu uzņēmējiem SEZ darbības termiņš un Latvijas iestāšanās ES ir zināma garantija, ka nodokļu politika šajā periodā varētu palikt nemainīga.

7. hipotēze. Vietējo izejvielu izmantošana uzņēmumā nav atkarīga no tā, vai uzņēmumam ir piesaistīts ārvalstu vai vietējais kapitāls.

Pēc „Exact Tests” rezultātiem, ar varbūtību 94% var apgalvot, ka pazīmes ir atkarīgas ($p = 0.058$). Faktori ir būtiski, jo starp tiem ir ciešas sakarības. Vietējās izejvielas izmanto 5 uzņēmumi ar vietējo kapitālu, 5 uzņēmumi ar daļēji piesaistītu ārvalstu kapitālu un 6 ārvalstu kapitāla uzņēmumi.

8. hipotēze. Uzņēmuma gada apgrozījums nav saistīts ar strādājošo skaitu uzņēmumā.

Izvēlētas pazīmes attiecas uz ordinālās skalas datiem (skat. 5. tabulu).

Lai noteiktu sakarību ciešumu, ar SPSS „Exact Tests 14.0 for Windows” programmu aprēķina Spirmena korelācijas koeficientu 0.542, kas liecina par ciešu sakarību starp uzņēmuma apgrozījumu un strādājošo skaitu gadā. Jo lielāks ir uzņēmuma apgrozījums gadā, jo lielāks ir tajā strādājošo skaits. Šāda sakarība apstiprina,

5. tabula / Table 5

Uzņēmuma apgrozījums gadā pēc strādājošo skaita
Company's yearly turnover by the number of employees

		Uzņēmumā strādājošo skaits / Number of employees in the company					Kopā / Total
		līdz / up to 20	21–50	51–100	101–150	< 150	
Uzņēmuma apgrozījums gadā / Yearly turnover	līdz 200 000 milj. LVL / up to 200 000 million LVL	3	1	0	0	0	4
	200 000 – 1 milj. LVL / million LVL	3	7	3	1	1	15
	1 – 2 milj. LVL / million LVL	0	1	1	1	2	5
	2 milj. LVL un vairāk / 2 million LVL and above	1	0	1	1	1	4
Kopā / Total		7	9	5	3	4	28

ka SEZ uzņēmumi pagaidām vēl nepietiekami iegulda modernajās tehnoloģijās un iekārtās, bet saražotās produkcijas vai sniegto pakalpojumu apgrozījumu uzņēmumā cenšas palielināt uz samērā lētā darbaspēka rēķina.

Secinājumi

Pētījuma gaitā saņemtās atbildes ļauj secināt, ka aptaujas dalībnieki pārsvarā ir noskaņoti turpināt darbību SEZ statusā arī turpmākos gadus. To apliecina arī nākotnes ieceres:

1) par turpmākajām investīcijām plāno 26 (93%) respondenti;

2) par eksporta paplašināšanu plāno 24 (86%) respondenti.

Par svarīgākajām priekšrocībām tiek uzskatītas:

1) nodokļu atlaides – 27 (96%) respondenti;

2) izdevīga atrašanās vieta – 23 (82%) respondenti.

Par svarīgāko risināmo jautājumu valsts līmenī uzņēmēji uzskata nodokļu atlaižu palielināšanu (68% respondentu), bet SEZ administrācijas līmenī – infrastruktūras uzlabošanu (57% respondentu).

Par uzņēmuma galveno risināmo jautājumu respondenti atzīst iekārtu modernizēšanu (61%).

Pēc hipotēžu pārbaudes iegūtos rezultātus var iedalīt trīs grupās.

1. Apstiprinājās, ka nav sakarības starp uzņēmuma peļņu vai zaudējumiem un uzņēmuma darbības stāžu SEZ statusā (1. hipotēze), starp uzņēmuma nodokļu atlaižu izmantošanu un uzņēmuma darbības rezultātu – peļņu vai zaudējumiem (2. hipotēze).

2. Nav viennozīmīgas atbildes, jo ar varbūtību 77.6% var apgalvot, ka uzņēmuma darbības veiksmes vērtējums ir saistīts ar ārvalstu kapitāla daļu piesaisti (3. hipotēze), un ar varbūtību 87% var apgalvot, ka uzņēmuma darbības veiksmes vērtējums ir atkarīgs no vadītāju vecuma (4. hipotēze).

3. Zinātniski un lietišķi interesantas ir sakarības, kas apstiprinājās:

a) starp uzņēmuma darbības veiksmes vērtējumu un uzņēmuma darbības peļņu vai zaudējumiem (5. hipotēze);

b) starp apmierinātību ar uzņēmuma darbības termiņu SEZ statusā un ārvalstu kapitāla piesaisti (6. hipotēze);

c) starp vietējo izejvielu izmantošanu uzņēmumā un ārvalstu vai vietējā kapitāla piesaisti (7. hipotēze);

d) starp uzņēmuma gada apgrozījumu un strādājošo skaitu uzņēmumā (8. hipotēze).

Literatūra

1. Arhipova, I., Bāliņa, S. (2003) *Statistika ekonomikā. Risinājumi ar SPSS un Microsoft Excel*. Rīga, 352 lpp.

2. Arhipova, I., Paura, L. (2002) *Neparametriskās metodes. SPSS datorprogramma*. Jelgava, 148 lpp.

3. Babuškins, S. (2002) Speciālās ekonomiskās zonas kā instruments investīciju klimata uzlabošanai valstī un reģionālo atšķirību izlīdzināšanai. *Starptautiskā Zinātniskā konference: tradicionālais un novatoriskais sabiedrības ilgtspējīgā attīstībā*. Rēzekne, 26.-33. lpp.

3. Keišs, S., Dubenlāze, A. (1998) Brīvās ekonomiskās zonas un to darbība. *Kapitāls*, Nr. 9, 41.-45. lpp.

4. *Komercedarbības atbalsta rokasgrāmata*. (2004): <http://www.fm.gov.lv/> – Resurss aprakstīts 2005. g. 24. novembrī.

5. Krastiņš, O., Ciemiņa, I. (2003) *Statistika*. Rīga, 267 lpp.

6. Litwack, J., Quian, Y. (1998) Balanced or Unbalanced development: Special Economic Zones as Catalysts for Transition. In: *Journal of Comparative Economics*, Vol. 25, pp. 1-25.

7. Madani, D. (1999) *A Review of the Role and Impact of Export Processing Zones* (108 pp.): <http://econ.Worldbank.org/docs/965.pdf> – Resurss aprakstīts 2004. g. 10. augustā.

8. Pavuk, O., Spuriņš, U. (1999) Brīvās zonas pasaulē un Baltijas reģionā. *Starptautiskā konference „Baltijas reģiona brīvās zonas un brīvās ostas 2000”*, 25.-26.03.1999. Rīga, 3.-31. lpp.

9. Petruševiča, D. (2001) SEZ – zāles uzņēmējdarbībai vai glābšanas riņķis. *Kapitāls*, Nr. 2, 46.-50. lpp.

10. Raņķevica, V. (2004) Types of free economic zones and the main tax alleviations and other incentives. In: *Proceedings of the International Scientific Conference „Economic Science for Rural Development”*. Jelgava, pp. 73-79.

11. Romero, A.T. (1995) *Export Processing Zones: Addressing the Social and Labour Issues*: <http://www.transnationale.org/pays/epz.htm> – Resurss aprakstīts 2003. g. 11. jūlijā.

12. Van Der Zande, J. (2003) *Free Zones and Special Economic Zones in Egypt* (14 pp.): http://www.hollandemb.org.eg/Economic/EA_FreeZones-Report.pdf – Resurss aprakstīts 2005. g. 16. janvārī.

LLU Raksti Nr. 17 (312)
Atbildīgais redaktors Aldis Kārklīņš
Parakstīts iespiešanai 10.10.2006.
Iespīests Jelgavas tipogrāfijā
Jelgavā, Raiņa ielā 27

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) apliecina, 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 izsmēļoši 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.

Teksts

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; fīklu līniju biežumam 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 attēlā 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 izmanto-tā izdevuma autoru un izdošanas gadu, piem. (Monod, 1963). **Literatūras saraksts** darba beigās jānoformē alfabēta 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 kreditēšanas 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 kvadrātiekvās 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.