НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ТВАРИННИЦТВА

Науково-технічний бюлетень
Інституту тваринництва НААН
№ 128

Харків-2022

УДК 636:001(045)
DOI 10.32900/2312-8402-2022-128
Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН № 128 / Нац. акад. аграр. наук України, Інститут тваринництва. Харків, 2022. 212 с.

Свідоцтво про державну реєстрацію: серія КВ № 21410-11210ПР від 25.06.2015 р.

Редакційна колегія:
Головний редактор **–** Россоха В. І., Інститут тваринництва НААН, завідувач лабораторії, к. с.-г. н., с. н. с.
Заступник головного редактора **–** Помітун І. А., Інститут тваринництва НААН, завідувач відділу, д. с.-г. н., професор
Відповідальний секретар редколегії **–** Панченко О. М., Інститут тваринництва НААН, с. н. с., к. с.-г. н.

Члени редакційної колегії:
Василевський М. В., Інститут тваринництва НААН, зав. лабораторії, к. біол. н., с. н. с.
Катеринич О. О., Державна дослідна станція птахівництва НААН, директор, д. с.-г. н., с. н. с.
Корх І. В., Інститут тваринництва НААН, заст. директора з наукової роботи, к. с.-г. н., с. н. с.
Кулібаба Р. О., Інститут тваринництва НААН, пров. н. с., д. с.-г. н., с. н. с.
Кунець В. В., Інститут свинарства і АПВ НААН, провід. н. с., к. іст. н., с. н. с.
Ляшенко Ю. В., Інститут тваринництва НААН, зав. лабораторії, к. с.-г. н., с. н. с.
Олійниченко Є. К., Інститут тваринництва НААН, с. н. с., к. с.-г. н.
Почерняєв К. Ф., Інститут свинарства і АПВ НААН, зав. відділу, д. с.-г. н., с. н. с.
Прудніков В. Г., Державний біотехнологічний університет, зав. кафедри, д. с.-г. н., професор
Рижкова Т. М., Державний біотехнологічний університет, професор кафедри, д. тех. н.
Руденко Є. В., Інститут тваринництва НААН, зав. відділу, д. вет. н., професор, член-кор. НААН
Ткачова І. В, Інститут тваринництва НААН, директор, д. с.-г. н., с. н. с.
Трішин О. К., Інститут тваринництва НААН, гол. н. с., д. с.-г. н., професор, академік НААН, заслужений працівник сільського господарства України
Юрко П. С., Державний біотехнологічний університет, доцент кафедри, к. вет. н.
Кургалюк Н. М., д. б. н., професор, Інститут біології наук про Землю, Поморська академія в Слупську (республіка Польща)
Ткаченко Г. І., д. б. н., професор, завідувач факультету, Інститут біології та наук про Землю, Поморська Академія в Слупську
Herbut Eugeniusz, Instytut Zootechniki PIB, Dzial Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji Zwierzqcej, Doctor habilitowany, Profesor (республіка Польща)
Korol Waldemar, Instytut Zootechniki PIB, Kierownik Krajowego Laboratorium Pasz w Lublinie, Doctor habilitowany (республіка Польща)

Рекомендовано до друку за рішенням Вченої ради ІТ НААН (протокол №7 від 11 листопада 2022 р.).

Наказом МОН України за № 886 від 2.07.2020 р. "Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН" включено до ***Переліку наукових фахових видань України*** *за спеціальністю "204 - сільськогосподарські науки". Виданню присвоєно категорію* ***«Б»*** *(номер у списку 228).*

Індексація видання: *Google Scholar, НБУВ (Національної бібліотеки ім. В. І. Вернадського), Бібліометрика української науки, Реєстр наукових фахових видань України (група Б), Crossref, OUCI, WordCat.*

Індивідуальний префікс установи в системі ***Crossref 10.32900.*** *Науковому контенту журналу присвоєно міжнародний цифровий індефікатор* ***DOI (Digital Object Indentifier).***

ISSN 2312-8402
© Інститут тваринництва НААН, 2022

UDK 636:001(045)
DOI 10.32900/2312-8402-2022-128
The Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science NAAS of Ukraine № 126. Kharkiv, 2022. 212 p.

Certificate of state registration: series КВ № 21410-11210ПР dated 25.06.2015

Editorial board:
Editor-in-Chief – Rossokha V. I., Institute of Animal Science of NAAS, HOL., Sc. D., SR.
Deputy Editor-in-Chief – Pomitun I. A., Institute of Animal Science of NAAS, D. of Sc.W., Prof.
Editor-in-Chief of the Editorial Board – Panchenko O. M., Institute of Animal Science of NAAS, SR., Sci. D.

Members of the Editorial Board:
Vasilevsky M. V., Institute of Animal Science of NAAS, HOL., Sci. D., SR.
Katerynych O. O., NAAS State Poultry Research Station, Dir., D., SR.
Korh I. V., Institute of Animal Science of NAAS, Dep. Dir., Sci. D., SR.
Kulibaba R. O., Institute of Animal Science of NAAS, LR., D., SR.
Kunets V. V., Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production, LR., Sc. D., SR.
Liashenko Y.V., Institute of Animal Science of NAAS, HOL., Sci. D., SR.
Oliinychenko Y. K., Institute of Animal Science of NAAS, SR., Sci. D.
Pochernyaev K. F., Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production, HD., D., SR.
Prudnikov V.G., State Biotechnological University, HD., D., Prof.
Ryzhkova T. N., State Biotechnological University, Prof., D.
Rudenko E. V., Institute of Animal Science of NAAS, LR., D., Prof., COR MEM of NAAS.
Tkachova I. V., Institute of Animal Science of NAAS, Dir., D., SR.
Trishin O. K., Institute of Animal Science of NAAS, CR., D., Prof., Ac. of NAAS, Hon. W. of Agr. S.
Yurko P.S., State Biotechnological University, Doc., D. of V.M., D.
Kurhaluk N.M., Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, D., (Poland)
Tkachenko H.I., Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, HD., D., Prof. (Poland)
Eugeniusz Herbut, Instytut Zootechniki PIB, Dzial Technologii, Ecology and Economics Produkcji Zwierzqcej, D., Prof. (Poland)
Waldemar Korol, Instytut Zootechniki PIB, Kierownik Krajowego Laboratoryium Pasz w Lublinie, D. (Poland)

It is recommended for printing by the decision of the Scientific Council of the Institute of Animal Science of NAAS (protocol № 7 of 11.11.2022).

By the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine on № 886 from 2.07.2020 "Scientific and technical bulletin of the Institute of Animal Science NAAS" is included ***in the List of scientific professional publications of Ukraine in the specialty "204 -agricultural sciences".*** *The publication was assigned by category* ***"B"*** *(number 228 in the list).*

Citation index (indexing) *Google Scholar, VNLU (Vernadsky National Library of Ukraine), Bibliography of Ukrainian Science, Register of Scientific Professional Publications of Ukraine (Group B), Crossref, OUCI, WordCat.*

Individual institution prefix in ***Crossref 10.32900****. The scientific content of the journal is assigned an* ***international DigitalOobjecti Index (DOI).***

ISSN 2312-8402 © Institute of Animal Science of NAAS, 2022

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-4-20
UDC 636.92.033.084.1.087.8

EFFECT OF A DIETARY SUPPLEMENTATION OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE MUGL 39885 ON FATTENING PERFORMANCE IN GROWING COMMERCIAL RABBITS AND A META-ANALYSIS

Platonova N. P., Doctor of Science, https://orcid.org/0000-0003-2256-7932
Institute of animal science of NAAS of Ukraine / Adam Mickiewicz University in Poznań, Poznań, Poland

A study was conducted to determine the effect of Saccharomyces cerevisiae supplementation in the diet of growing rabbits on their mortality, fattening performance and feed conversion rates.

In a pooled analysis, supplementation of Saccharomyces cerevisiae to the diet of growing rabbits caused a significant increase in final weight by 132.24 g (non-standardized average difference). According to the obtained data, there is a systematic error associated with publication bias (Egger's test, p =<0.001) and high heterogeneity between studies (I2 = 92.9 %, p<0.001). The results of the Q-test (χ2=282.733) and its p-level (<0.001) indicate the occurrence of statistically significant heterogeneity and the null hypothesis which states that all studies share a common effect size was rejected. The effect of Saccharomyces cerevisiae administration was not characterized by statistically significant variation in the genetic subgroups of rabbits (test for subgroup differences: p=0.759). In parallel there was a statistically significant variation in subgroups of SC dose (test for subgroup differences: p=0.04). When a higher concentration of Saccharomyces cerevisiae was used, the average final weight in the experimental group was 209.23 g higher than the final weight in the control group. When a lower concentration of SC was used, the average final weight in experiment was more than the control by 93.38 g.

In own researches Saccharomyces cerevisiae (MUGL 39885, 0.01% - 15 billion cell per gram) was added to the feed for the experimental group before granulation. After 37 days of fattening, the control group reached an average weight of 2230 g, whereas the weight for the experimental group was 2608 g, probably due to the better FCR in the experimental group. Both mentioned differences were significant. Whereas the daily feed intake did not differ in the studied groups. Comparison of the rabbit survival in each group showed no significant difference for the one-sided t-criterion (p=0.097).

Therefore, the usage of feed with Saccharomyces cerevisiae additive affects the results conceding rabbits fattening. Experimental group obtained the statistically significant best average final weight, daily gain and feed conversion ratio in the same raising conditions. It confirms the results obtained from the meta-analysis. At the same time, there is no statistically proven change in feed intake between groups, and that is a promising and important economic and ecological result.

Keywords: **growing rabbits, *Saccharomyces cerevisiae*, fattening performance, meta-analysis.**

The usage of antibiotics for treatment and prevention of animal diseases is a serious challenge in terms of increasing resistance of pathogenic bacteria. It was banned for meat (including rabbit meat) producers in the European Union to use antibiotics as growth promoters in livestock production in 2006 [1]. However the weaning period may

be very critical, when kits are separated from does and don't receive maternal milk. Mortality rate of young rabbits after weaning can be high if there are non-optimal keeping and feeding conditions [2].

We use the traditional term "probiotics" in the definition given by the US FDA (Food and Drug Administration). There is a more comprehensive term "direct feed microbial" (DFM) – "DFM is a source of naturally occurring live microorganisms" including bacteria and fungi [3].

In view of the great variability of DFM, it is necessary to take into account specifics of the administration forms and biological properties: the resistance to gastric acidity and ferments, the adhesion to epithelial cells, the antimicrobial activity, the relationships with the pathogenic bacteria, antibiotic resistance, the relationships to other feed additives, and the stability in the feed forms [4].

The positive effects of DFM (in our study - various strains of Saccharomyces cerevisiae (SC)) for the gastrointestinal tract are complex. They may improve food digestibility by developing intestinal villi and enhancing their absorptive capacity and protect the digestive tract from pathogenic bacteria.

One of the problems of livestock production is its contribution to global greenhouse gas emissions. So there is a sense in usage of probiotic additives to improve digestibility and reduce the contribution of livestock production to global greenhouse gas emissions [5]. However some studies report about the efficiency of diets with SC, while others report about unsuccessful experiences.

Different technological and hygienic conditions for keeping rabbits, usage of different strains of SC and different genetics of rabbits make it difficult to obtain reliable results with additives – alternatives to antibiotics including probiotics SC [6].

There are publications of experiment results on probiotic dietary additives for rabbits that give an opportunity to do a complex analysis (e.g. meta-analysis) for a more reliable evaluation of efficiency of using probiotics (SC) in meat rabbit's diets. It will help consolidate different results for a better understanding of processes and further practical usage. This information is very important because feed costs are the highest in the cost structure of industrial farms. Improving feed conversion and increasing the final weight of meat rabbits are crucial factors for the economic efficiency of production as long as antibiotics are not being used.

Therefore, the purpose of our study is to evaluate the effect of SC-based feed additives as an alternative to antibiotics for the final body weight changes and FCR of young rabbits by meta-analysis of the available publications.

Materials and methods. The purpose of meta-analysis is to evaluate the effectiveness (weight and feed conversion rates) of nutritional additives SC in rabbits nurturing.

Criteria for study selection.

We have searched the online databases Google Scholar and Web of Science for relevant keywords: rabbit, weight, "feed conversion ratio" OR FCR, "Saccharomyces cerevisiae" OR probiotic. And then we checked the literature sources cited in the received articles and used them in our study if they were available in full-text version and data were not repeated. When the study contained data from several experiments, each such experiment was considered separately.

Articles for inclusion in meta-analysis were selected using the following criteria:

1) Studies were published between 1995 and 2022;

2) SC must be administered through feeding;

3) Rabbits shouldn't receive any additional treatment at the time of the experiment;

4) There are at minimum 10 rabbits per group;

5) Studies must report about feed conversion ratio (FCR) (or there was a possibility to calculate it) [8], average weight of rabbits at the start and finish of the experiment;

6) Studies must report about diet composition;

7) Rabbits were 30-42 days old at the beginning of the experiment and 58-91 days old at the end of the experiment;

8) Type of feeding is complete feeding, "ad libitum";

9) Data of weight and FCR have descriptive statistics;

10) Scientific data were published in reviewed scientific journals;

11) There must be no duplication of data of the same scientific papers with the same authors.

The inclusion criteria were met by 12 scientific articles (662 scientific papers were reviewed, 12 scientific articles which contain information about 21 experiences were selected).

The results of the studies that observed groups of rabbits which differed significantly in live weight, feed conversion, and housing conditions were not identical. Different strains of SC were used, including commercial strains. Based on these conditions, we initially consider using a random-effect model (using the Sidik and Jonkman method with corrections by Hartung and Knapp [cite by 9]).

Meta-analysis was performed using continuous data, as the size effect was used Hedges' g and the non-standardized average difference.

Tests for homogeneity of effect sizes were based on Q-statistics, in which larger Q values point to higher heterogeneity of effect sizes. A quantitative estimate of statistical heterogeneity was also calculated (I^2).

A significance level (p-level) <0.1 for the Egger regression coefficient was considered as an indicator of significant systematic error in the publication. Subgroup analysis and regression meta-analysis were performed to determine the source of heterogeneity. The publication bias error was investigated using the Egger regression test.

Separate subgroups related to the genetics of studied rabbits were identified. There was no influence of the genetics factor on the effect size. That's why the subgroups associated with different concentrations of SC in studies were distinguished. The variation of effect within the subgroups was statistically significant.

A meta-analysis was performed separately for measures of rabbit’s weight at the end of the experiment and FCR for the study period.

The main parameters of the experimental data in the articles reviewed for this research are in Table 1.

A meta-analysis of the change in mortality due to the adding of SC to the diet was performed using dichotomous data based on whether the phenomenon was observed.

We searched the online databases Google Scholar and Web of Science for relevant keywords: rabbit AND mortality AND "Saccharomyces cerevisiae"

Articles for the meta-analysis were selected using the following criteria:

1) Studies were published between 1992 and 2022;

2) SC must be administered through the feed;

3) Rabbits shouldn't receive any additional treatment at the time of the experiment;

4) There are at minimum 20 rabbits per group;

5) Scientific data were published in reviewed scientific journals;

6) There must be no duplication of data of the same scientific papers with the same authors.

Table 1

Main parameters of experiments on the effect of feed additive SC on the performance of rabbit's production

Author, year	Ref.	genetic	N	variants of experiment (concentration)	Start age, days	Days of exp.
Jerome N. 1996	[9]	NZW	300	1	30	28
Jerome N. 1996	[9]	NZW	300	2	30	49
Onifade A. 1999	[11]	hybrid	10	1	35	49
Onifade A. 1999	[11]	hybrid	10	2	35	35
Lambertini L. 2004	[12]	NZW	24	1	35	35
Kimse M. 2012	[13]	NZW	32	1	35	56
Kimse M. 2012	[14]	NZW	32	2	35	56
Rotolo L. 2014	[14]	hybrid	40	1	30	49
Rotolo L. 2014	[14]	hybrid	40	2	30	49
Belhassen T. 2016	[15]	NZW	30	1	28	42
El-Kelawy H. M. 2016	[16]	hybrid	15	1	28	42
Ayyat M.S. 2018	[17]	hybrid	10	1	28	42
Awad Sh. 2019	[18]	hybrid	10	1	35	35
Abdel-Aziz Elsawy B. 2021	[19]	hybrid	15	1	35	35
Abdel-Aziz Elsawy B. 2021	[19]	hybrid	15	2	35	35
Abdel-Aziz Elsawy B. 2021	[19]	hybrid	15	3	35	35
Elmasry A.M.A 2021	[20]	NZW	12	1	35	35
Elmasry A.M.A 2021	[20]	NZW	12	2	35	35
Elmasry A.M.A 2021	[20]	NZW	12	3	35	35
Elmasry A.M.A 2021	[20]	NZW	12	2	35	35
Khan K. 2021	[21]	NZW	12	1	42	48

The effect size of dichotomous results was based on whether the mortality of rabbits during the experiment was observed in both groups. The risk difference was used as the effect size. The raw data was used for the risk difference calculation. The results of 13 experiments from 7 publications from 1992 to 2016 were used.

For the meta-analysis, we used a randomized model, raw binary data, and log-risk ratio as the effect size (estimation method by Sidik and Jonkman, method MSE correction by Hartung and Knapp) (software Jamowi 2.2.5).

Own studies

Animals. Studies were conducted on commercial hybrid (Hy-Plus) rabbits aged 35-72 days which were housed in the industrial rabbit farm (Ukraine, Kiev region, Vyshgorod district). Two hundred rabbits were divided into two similar groups (age, weight, health status). Each group was divided into 20 cases per 5 rabbits. The experiment duration was 37 days. Rabbits of both groups were weighed individually at the beginning of the experiment (weaning, age is 35 days) and at the end of the fattening

on the 37th day of the experiment. Daily feed intake and feed conversion ratio were determined in groups (including mortality).

Feeding and drinking. Drinking was provided automatically by the nipple system (1 nipple for max 5 rabbits). Complete pelleted diets were used to cover the rabbits' physiological, nutritional needs and their productive performance. Feeding was poured into plate-type bunker feeders (1 bunker feeder between two cages, full volume of bunker 2.7 kg pellets). The length of the feeding table for each rabbit was at least 8 cm. The food was available all the time. The feeding was ad libitum. The chemical composition of the basic feed is indicated on Table 2.

Table 2

The chemical composition of the diet for growing rabbits

Chemical composition (1 kg)	Quantity
Dry matter	88.5%
Crode fibre (CF)	17.55%
Crode protein (CP)	17.65%
Starch	14.2%
Lipids	3.7%
Ca	1.19%
P	0.74%
Na	0.23%
Mineral and vitamin premix	include
Gross energy	9.2 MJ

Saccharomyces cerevisiae MUGL 39885 (Biosprint), 0.01% (15 billion cell per gram) was added to the feed for the experimental group before granulation.

Rabbits' housing conditions. Microclimate parameters were regulated automatically. Air exchange was provided by industrial ventilators and was 3-3.5 m^3 of air per hour per 1 kg of total live weight of rabbits housed. The temperature was +18-+22˚C. Immediately after weaning, rabbits were put in group cages (5 rabbits per cage) with a gridded floor with area 0.36 m^2 (0.4×0.9 m). At the end of the fattening period (72 days of age) the housing density did not exceed 35 kg per m^2. This stocking density did not exceed the recommended values EFSA (European Food Safety Authority) as a 'safe' stocking density from the perspective of rabbit welfare (40 kg slaughter weight/m2 at 2.5 kg slaughter weight) [22]. Type of the floor was a wire mesh (12.5mm*75mm and wire diameter 1.8 mm). Ulcerative pododermatitis has not been found in any of the studied rabbit groups. There was a low level of light. Lights were turned on only when technologically necessary.

The vaccination programs include myxomatosis and rabbit hemorrhagic disease only for does, males and young rabbits selected for breeding.

Reproductive rhythms were based on AI at 18 days post-partum, which meant an interval of 49 days between two kindling's and all kits of a particular group were born on the same day.

Statistical analysis. The results were analyzed with the IBM SPSS Statistics (v. 28.0.1.1 (15)), ANOVA: control group (basic feed) and experimental group (basic feed with SC). The variance analysis was based on weight data (individually) and on FCR, feed intake and daily weight gain (in cages). Comparison of the proportions of rabbit survival in each group was performed with one-sided t-criterion.

Research results and discussions.

The effect of SC diet additives of the growing rabbits on final weight.

In a pooled analysis, SC supplementation to the diet of growing rabbits caused a significant increase in final weight by 132.24 g (78.53; 185.95, p < 0.001) (non-standardized average difference). According to the obtained data, there is a systematic error associated with publication bias (Egger's test, p =<0.001) and high heterogeneity between studies (I^2 = 92.9 %, p<0.001). The results of the Q-test (χ^2=282.733) and its p-level (<0.001) indicate the occurrence of statistically significant heterogeneity and the null hypothesis which states that all studies share a common effect size was rejected (Fig. 1).

Genetic subgroups of rabbits.

The effect of SC administration was not characterized by statistically significant variation in the genetic subgroups of rabbits (test for subgroup differences: p = 0.759).

Subgroups of SC dose.

There is a statistically significant variation in subgroups of SC dose (test for subgroup differences: p = 0.04). When a higher concentration of SC was used, the average final weight in the experimental group was 209.23 g CI 95% (87.90; 330.57) higher than the final weight in the control group. When a lower concentration of SC was used, the average final weight in experiment was more than the final weight in control by 93.38 g CI 95% (45.25; 141.51).

Due to the high level of heterogeneity in the data, meta-regression was applied in an effort to find the source of heterogeneity. Fisher's criterion of the meta-regression model is significant (F=4.24, df (4; 16), p=0.016) (Table 3).

Table 3

Estimation of regression models parameter (final weighting)

Parameter	Estimated	SE	T	p-level	95 % CI	
					Low	High
Intercept	-223.188	91.654	-2.435	0.027	-417.49	-28.89
Year of publication	0.108	0.044	2.456	0.026	0.015	0.201
Crude protein	1.006	0.506	1.987	0.064	-0.067	2.079
NDF	-0.177	0.110	-1.606	0.128	-0.411	0.057
Days of experiment	-0.096	0.048	-2.02	0.06	-0.197	0.005

In publications prior to 2016, there was practically no visible difference in weight between the experimental and control groups. In later publications, it has improved markedly. We cannot say for sure yet whether it is the evolution of the commercial SC strains, the genetic improvement of industrial breeds and hybrids of rabbits or modernization of housing and feeding technology. It is more likely to be the result of the combined effect of these factors (Fig. 2).

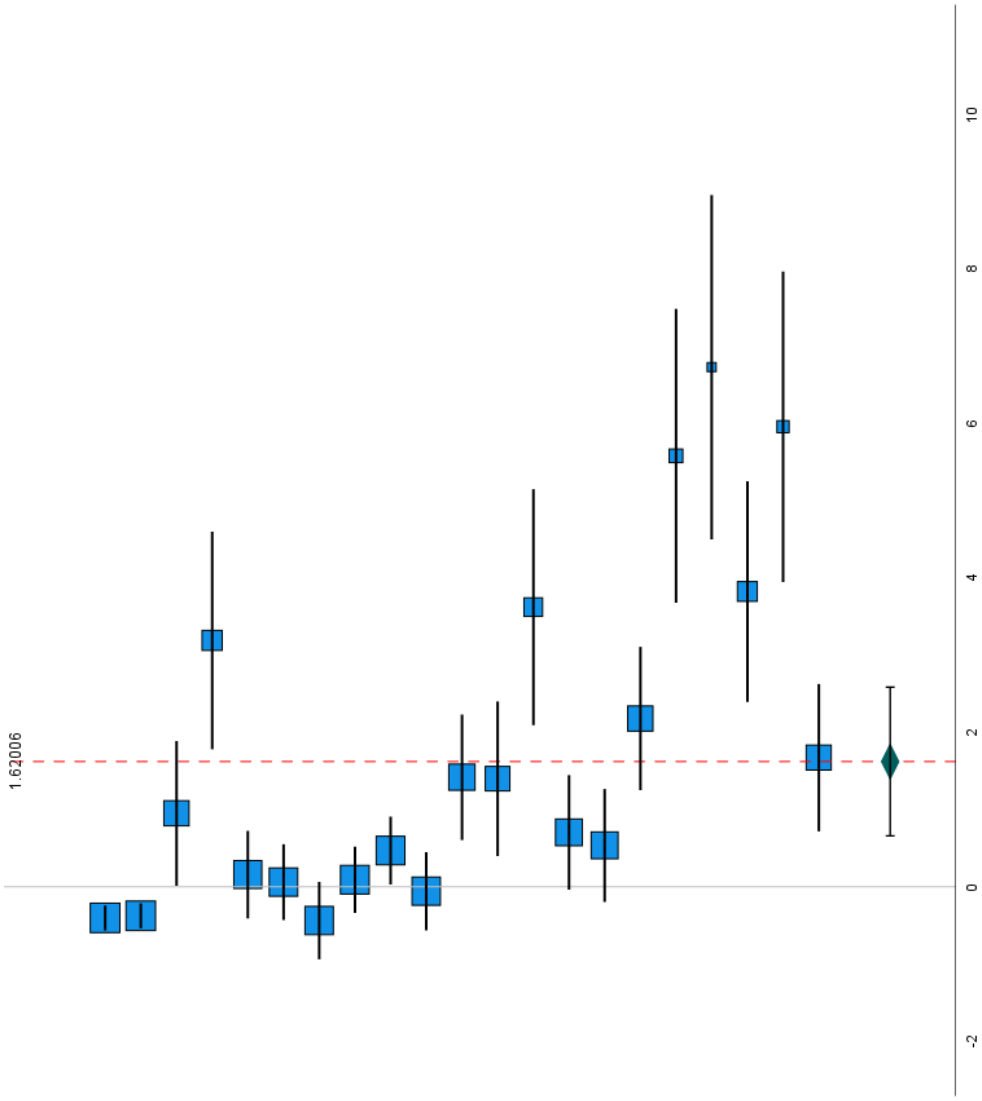


Fig. 1. Forest plot for the result of meta-analysis (final weight of rabbits)

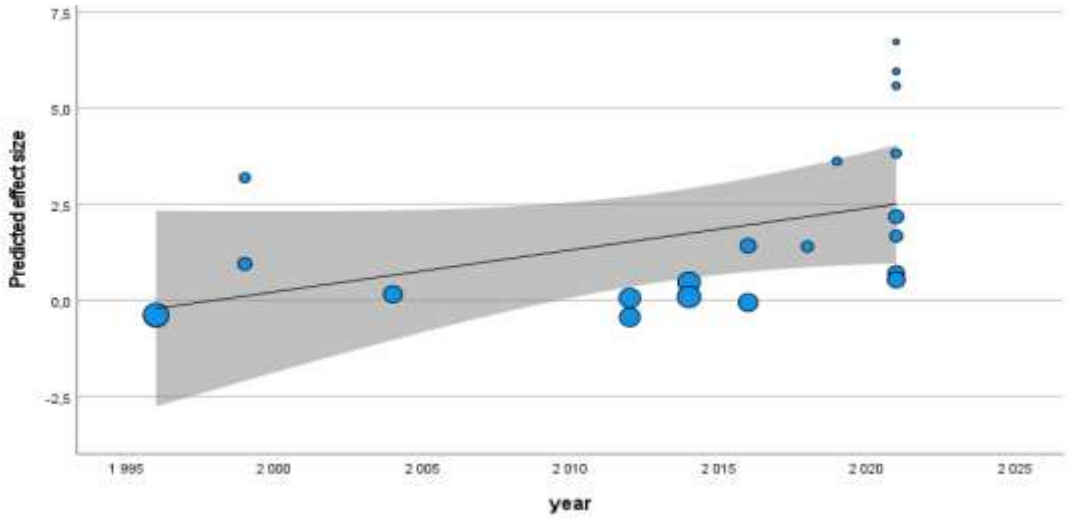


Fig. 2. Relation between predicted effect size (final weight) and year of publication

Effect of SC supplementation on FCR of growing rabbits.

In a pooled analysis, SC supplementation to the diet of growing rabbits caused a significant improvement in final FCRe: ES= -0.36 (-0.51; -0.21, p < 0.001). According to the obtained data, there is a systematic error associated with publication bias (Egger regression test, p =<0.001) and high heterogeneity between studies (I2 = 96 %, p < 0.001). The results of the Q-test (χ2=159.05) and its p-level (<0.001) indicate the occurrence of statistically significant heterogeneity and the null hypothesis which states that all studies share a common effect size was rejected (Fig. 3).

There was a statistically significant effect of variation in SC dose ("conc.") on FCRe (test for subgroup differences p = 0.03). When a higher concentration of SC was used, the average FCRe was less than the FCRc by -0.68 (-1.15; -0.22). When a lower concentration of SC was used, the average FCRe was less than the FCRc (less means better) by -0.19 (-0.3; -0.07).

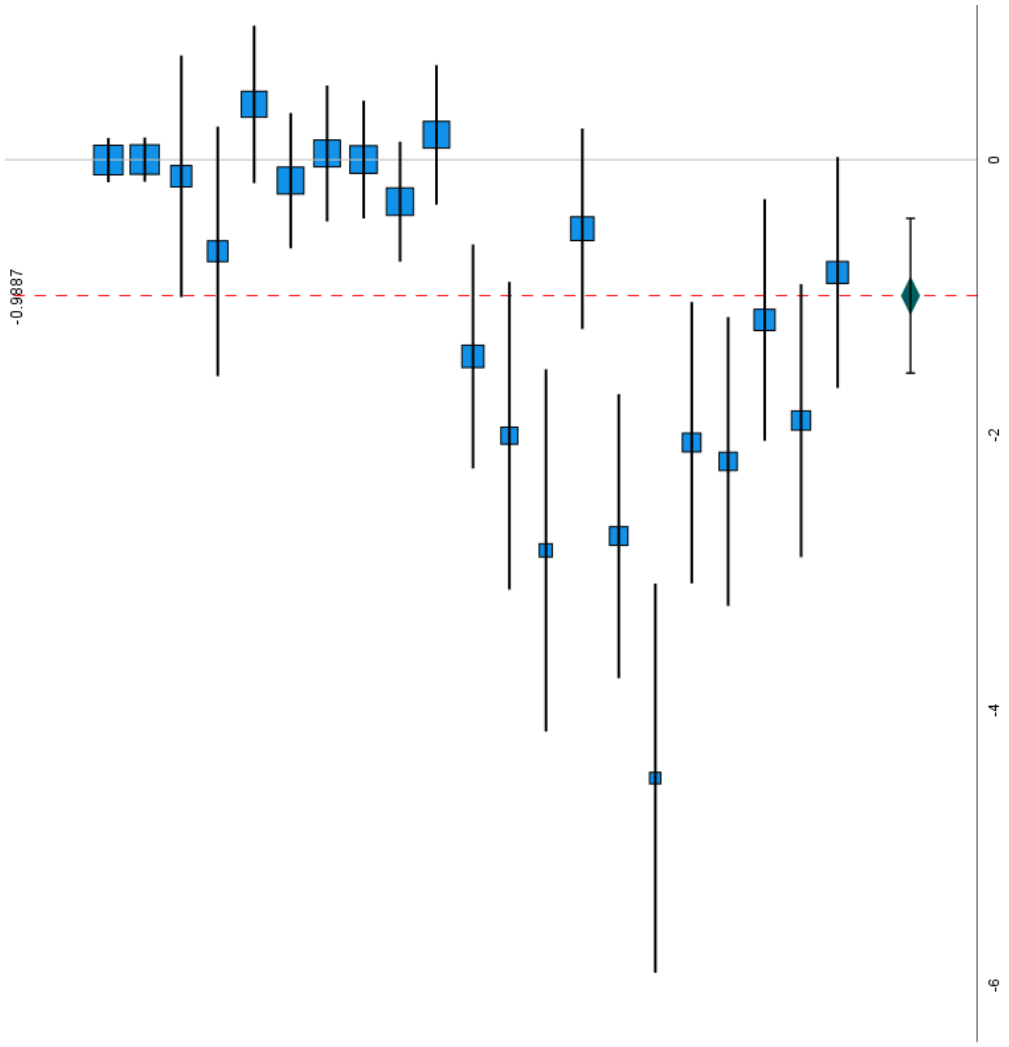
Also statistically significant variation was observed in subgroup "breed" on FCRe (test for subgroup differences: p = 0.02). FSR in hybrid rabbits decreased by 0.28, 95% CI (-0.50; -0.07), and in NZW rabbits FCR decreased by 0.45, 95% CI (-0.69; -0.21).

Fisher's criterion of the meta-regression model is significant (F=6.84, df (5; 15), p=0.02) (Table 4).

Table 4

Estimation of regression model parameter (FCR)

Parameter	Estimated	SE	T	p-level	95% CI	
					Low	High
Intercept	170,244	43,749	3,891	0,001	76,995	263,494
Year of publication	-0,081	0,021	-3,870	0,002	-0,126	-0,036
Days of experiment	0,043	0,023	1,880	0,080	-0,006	0,091
Concentration	-0,584	0,3779	-1,546	0,143	-1,390	0,221
Breed	-0,837	0,3788	-2,210	0,043	-1,644	-0,030
Crude protein	-0,449	0,2208	-2,035	0,060	-0,920	0,021



	g Hedges	-95CI	+95CI	p-level	W	W(%)
Jerome N. 1996	-0.00	-0.16	0.16	0.96	0.72	5.34
Jerome N. 1996	0.00	-0.16	0.16	1.00	0.72	5.34
Onifade A. 1999	-0.12	-1.00	0.76	0.79	0.63	4.68
Onifade A. 1999	-0.67	-1.57	0.24	0.15	0.63	4.64
Lambertini L. 2004	0.40	-0.17	0.97	0.17	0.68	5.05
Kimse M. 2012	-0.15	-0.64	0.34	0.54	0.69	5.13
Kimse M. 2012	0.04	-0.45	0.54	0.86	0.69	5.13
Rotolo L. 2014	0.00	-0.43	0.43	1.00	0.70	5.18
Rotolo L. 2014	-0.31	-0.74	0.13	0.17	0.70	5.18
Belhassen T. 2016	0.18	-0.33	0.69	0.49	0.69	5.11
El-Kelawy H. M. 2016	-1.43	-2.24	-0.62	0.00	0.64	4.77
Mohamed S. A. 2018	-2.01	-3.12	-0.89	0.00	0.59	4.34
Awad Sh. 2019	-2.84	-4.16	-1.52	0.00	0.55	4.04
Abdel-Aziz Elsawy B. 2021	-0.50	-1.23	0.23	0.18	0.66	4.87
Abdel-Aziz Elsawy B. 2021	-2.74	-3.77	-1.70	0.00	0.60	4.47
Abdel-Aziz Elsawy B. 2021	-4.49	-5.91	-3.08	0.00	0.53	3.89
Elmasry A.M.A 2021	-2.06	-3.08	-1.03	0.00	0.61	4.48
Elmasry A.M.A 2021	-2.19	-3.24	-1.14	0.00	0.60	4.44
Elmasry A.M.A 2021	-1.17	-2.04	-0.29	0.01	0.63	4.68
Elmasry A.M.A 2021	-1.90	-2.89	-0.90	0.00	0.61	4.52
Khan K. 2021	-0.82	-1.66	0.02	0.06	0.64	4.73
Total	-0.99	-1.55	-0.43	0.00		

Heterogeneity\: T^2 = 1.38, H^2 = 25.24, I^2 = 0.96
Homogeneity\: Q = 159.05, df = 20, p-level < 0.001
total effect size criterion\: t = -3.67, df = 20, p-value = 0.00

Fig. 3 - Forest plot for the result of meta-analysis (FCR)

As for the year of publication, its relation to the improvement of FCR (decrease in the index FCR) is understandable in terms of the improvement of commercial strains SC, industrial farm technology and genetics of rabbits (Fig. 4).

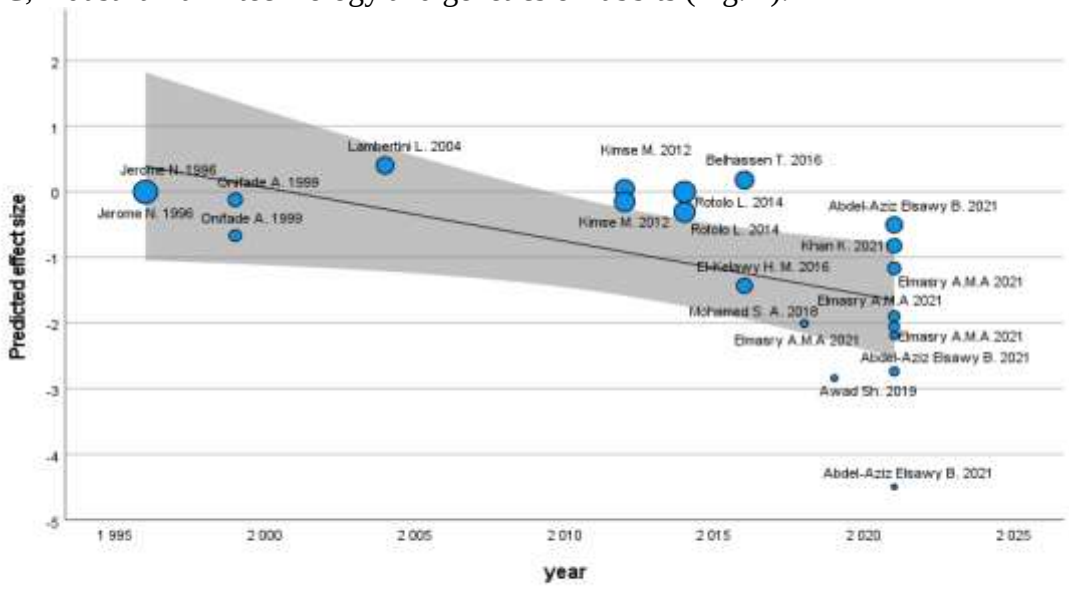


Fig. 4. Relation between predicted effect size (FCR) and year of publication

Absolute values of FCR have a provable and distinct tendency to increase with age of rabbits, so the observed variation complies with the standard parameters associated with the biology of development [23] (Fig. 5). In intensive European rabbit breeding farms, the total FCR decreased from 3.8 to 3.4 during the past 15 years (average slaughter weight is 2.43 kg) [24].

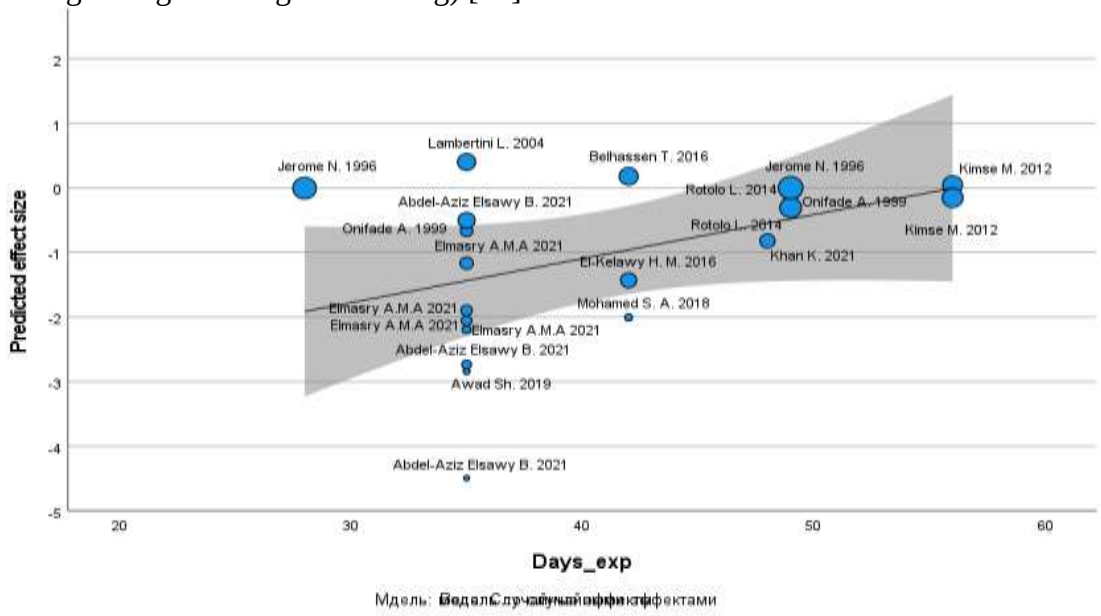


Fig. 5. Relation between predicted effect size (FCR) and duration of experiment

The improvement in FCR associated with an increasing SC concentration has already been discussed in the subgroup analysis. As far as genetics is considered, hybrid rabbits are generally characterized by better conversion rates than purebred NZW [24].

Effect of SC supplementation on daily feed intake of growing rabbits.

In summary analysis, SC supplementation to the diet of growing rabbits did not cause significant changes in daily feed intake: ES=0.067 (-0.205; 0.339, p = 0.612). Based on the findings, systematic error due to publication bias is not proven (Egger regression test, p =0.235). There is high heterogeneity between studies (I^2 = 83.7%, p < 0.001). Q-test results (χ^2 = 93.517) and its p-value (< 0.001) indicate the occurrence of statistically significant heterogeneity and the null hypothesis was rejected (Fig. 6).

A meta-analysis provides an overview of the effect and its evidence, even if a significant effect of the SC was not found in individual studies.

Conducting a meta-analysis gives an opportunity to see the generalized effect of the studies and motivates the studies so that they can become a part of the meta-analysis in the future.

Effect of SC supplementation on mortality of growing rabbits.

The meta-analysis showed that SC supplementation to the diet of growing rabbits caused a significantly lower mortality during the experiment in comparison with the control groups: ES= -0.48 (-0.71; -0.24, p < 0.001). According to the obtained data, the middle level of heterogeneity between studies is (I^2 = 52%). The results of the Q-test (Q=17.8) and its p-level (p=0.001) indicate no statistically significant heterogeneity and the null hypothesis which states that all studies share a common effect size is confirmed (Fig.7).

Own studies

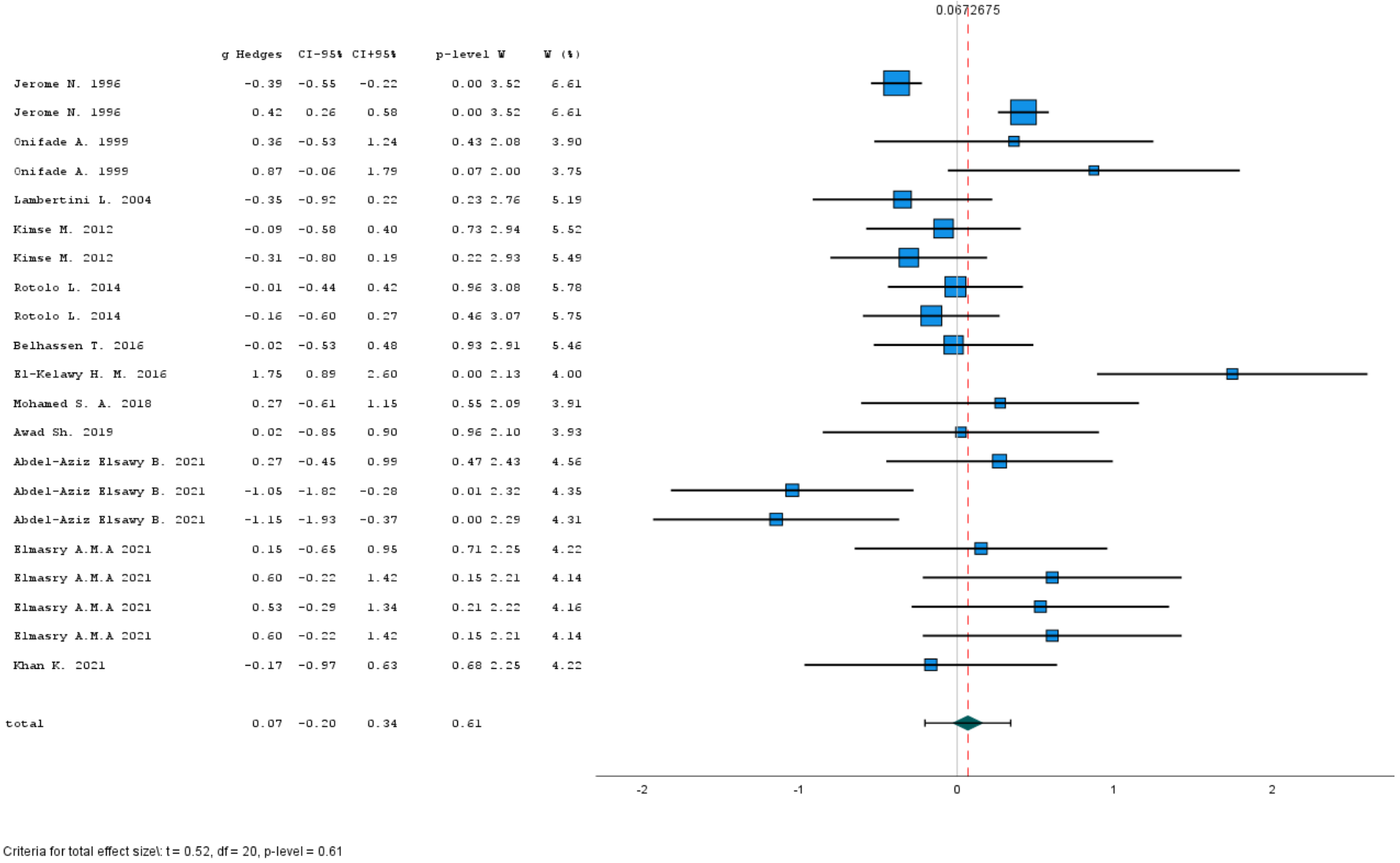
The average weight of rabbits in the control and experimental groups did not have significant differences at the beginning of the experiment. After 37 days of fattening, the control group reached an average weight of 2 kg 230 g, whereas the weight for the experimental group was 2.608 kg, probably due to the better FCR in the experimental group. Both mentioned differences were significant. Whereas the daily feed intake did not differ in the studied groups (Table 5).

Table 5

Weight, feed intake and feed conversion ratio observed during the study in control and experimental groups

Parameters	Control group		Experimental group		significance of difference
	Mean	SD	Mean	SD	
Start weight, kg	0.97	0.06	0.96	0.05	$F_{(1, 198)}$ = 2.16, p=0.143
Final weight, kg	2.23	0.11	2.30	0.09	$F_{(1, 188)}$ = 27.80, p<0.001
Feed intake (g/day)[1]	123.66	8.19	122.94	5.88	$F_{(1, 38)}$=0.1, p=0.75
FCR	3.84	0.47	3.45	0.31	$F_{(1, 38)}$=9.54, p=0.0038
Average daily gain, g[1]	33.98	3.14	36.36	2.83	$F_{(1, 188)}$=30.03, p<0.001

Comparison of the rabbit survival in each group showed no significant difference for the one-sided t-criterion (p=0.097).

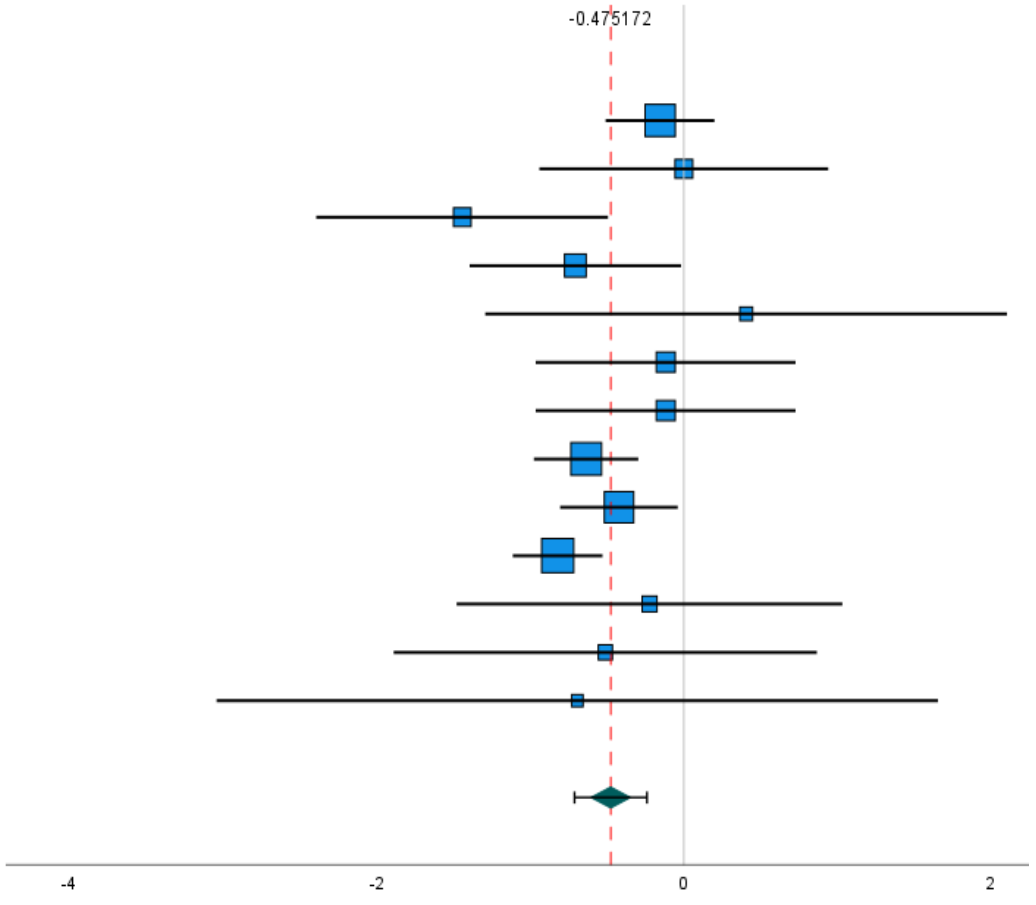


	g Hedges	CI-95%	CI+95%	p-level	W	W (%)
Jerome N. 1996	-0.39	-0.55	-0.22	0.00	3.52	6.61
Jerome N. 1996	0.42	0.26	0.58	0.00	3.52	6.61
Onifade A. 1999	0.36	-0.53	1.24	0.43	2.08	3.90
Onifade A. 1999	0.87	-0.06	1.79	0.07	2.00	3.75
Lambertini L. 2004	-0.35	-0.92	0.22	0.23	2.76	5.19
Kimse M. 2012	-0.09	-0.58	0.40	0.73	2.94	5.52
Kimse M. 2012	-0.31	-0.80	0.19	0.22	2.93	5.49
Rotolo L. 2014	-0.01	-0.44	0.42	0.96	3.08	5.78
Rotolo L. 2014	-0.16	-0.60	0.27	0.46	3.07	5.75
Belhassen T. 2016	-0.02	-0.53	0.48	0.93	2.91	5.46
El-Kelawy H. M. 2016	1.75	0.89	2.60	0.00	2.13	4.00
Mohamed S. A. 2018	0.27	-0.61	1.15	0.55	2.09	3.91
Awad Sh. 2019	0.02	-0.85	0.90	0.96	2.10	3.93
Abdel-Aziz Elsawy B. 2021	0.27	-0.45	0.99	0.47	2.43	4.56
Abdel-Aziz Elsawy B. 2021	-1.05	-1.82	-0.28	0.01	2.32	4.35
Abdel-Aziz Elsawy B. 2021	-1.15	-1.93	-0.37	0.00	2.29	4.31
Elmasry A.M.A 2021	0.15	-0.65	0.95	0.71	2.25	4.22
Elmasry A.M.A 2021	0.60	-0.22	1.42	0.15	2.21	4.14
Elmasry A.M.A 2021	0.53	-0.29	1.34	0.21	2.22	4.16
Elmasry A.M.A 2021	0.60	-0.22	1.42	0.15	2.21	4.14
Khan K. 2021	-0.17	-0.97	0.63	0.68	2.25	4.22
total	0.07	-0.20	0.34	0.61		

Criteria for total effect size\: t = 0.52, df = 20, p-level = 0.61

Fig. 6 - Forest plot for the result of meta-analysis (feed intake, g/day)

	LogRR	MSE	CI-95%	CI+95%	p-level	W	W(%)
Gippert, T. 1992	-0.15	0.18	-0.51	0.20	0.39	8.03	14.28
Gippert, T. 1992	0.00	0.48	-0.94	0.94	1.00	3.11	5.52
Maertens L. 1992	-1.44	0.48	-2.39	-0.49	0.00	3.06	5.45
Maertens L. 1992	-0.71	0.35	-1.39	-0.02	0.04	4.65	8.26
Lambertini L. 2004	0.41	0.87	-1.29	2.10	0.64	1.19	2.11
Kimsé M. 2012	-0.12	0.43	-0.96	0.73	0.78	3.60	6.39
Kimsé M. 2012	-0.12	0.43	-0.96	0.73	0.78	3.60	6.39
EFSA Journal. 2012	-0.64	0.17	-0.97	-0.30	0.00	8.20	14.59
EFSA Journal. 2012	-0.42	0.20	-0.80	-0.04	0.03	7.69	13.68
EFSA Journal. 2012	-0.82	0.15	-1.11	-0.53	0.00	8.77	15.58
Rotolo L. 2014	-0.22	0.64	-1.48	1.03	0.73	1.99	3.54
Rotolo L. 2014	-0.51	0.70	-1.89	0.87	0.47	1.71	3.04
Belhassen T. 2016	-0.69	1.20	-3.04	1.65	0.56	0.66	1.17
total	-0.48	0.11	-0.71	-0.24	0.00		



T^2 = 0.09, H^2 = 2.07, I^2 = 0.52
Q = 17.08, df = 12, p-level = 0.15
Criteria for total effect size\: t = -4.39, df = 12, p-level < 0.001

Fig. 7 - Forest plot for the result of meta-analysis (mortality)

The usage of feed with SC additive affects the results conceding rabbits fattening. Experimental group obtained the statistically significant best average final weight, daily gain and feed conversion ratio in the same raising conditions. It confirms the results obtained from the meta-analysis. At the same time, there is no statistically proven change in feed intake between groups, and that is a promising and important economic and ecological result.

Our average daily gain was not as high as it had been published by other authors: 44.34-45.54 g/day [25]. However, it is similar to the data obtained by the conducted experiments in the conditions of an industrial farm (32.3 - 32.7 g/day [12], 27-37 g/day [19] and 25.53-33.15 g/day [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]).

The overall mortality in the control group was 7%, an acceptable value for the considered period of productive age. The overall mortality in the experimental group was lower (3%), but there is no statistically proven change.

Conclusions.

In a pooled analysis, supplementation of Saccharomyces cerevisiae to the diet of growing rabbits caused a significant increase in final weight by 132.24 g. The effect of Saccharomyces cerevisiae administration was not characterized by statistically significant variation in the genetic subgroups of rabbits (test for subgroup differences: p = 0.759). In parallel there was a statistically significant variation in subgroups of SC dose (test for subgroup differences: p=0.04). When a higher concentration of Saccharomyces cerevisiae was used, the average final weight in the experimental group was 209.23 g higher than the final weight in the control group. When a lower concentration of SC was used, the average final weight in experiment was more than the control by 93.38 g.

In later publications, the difference in weight between the experimental and control groups has improved markedly. We cannot say for sure yet whether it is the evolution of the commercial Saccharomyces cerevisiae strains, the genetic improvement of industrial breeds and hybrids of rabbits or modernization of housing and feeding technology. It is more likely to be the result of the combined effect of these factors. Also the same situation there is its relation to the improvement of feed conversion ratio.

In own researches after 37 days of fattening, the control group reached an average weight of 2 kg 230 g, whereas the weight for the experimental group was 2.608 kg, probably due to the better FCR in the experimental group. Both mentioned differences were significant. Whereas the daily feed intake did not differ in the studied groups. Comparison of the rabbit survival in each group showed no significant difference for the one-sided t-criterion (p=0.097).

Therefore, the usage of feed with Saccharomyces cerevisiae additive affects the results conceding rabbits fattening. Experimental group obtained the statistically significant best average final weight, daily gain and feed conversion ratio in the same raising conditions. It confirms the results obtained from the meta-analysis. At the same time, there is no statistically proven change in feed intake between groups, and that is a promising and important economic and ecological result.

References

1. Wang, H.; Long, W.; Chadwick, D.; Zhang, X.; Zhang, S.; Piao, X.; & Hou, Y. (2022). Dietary Acidifiers as an Alternative to Antibiotics for Promoting Pig Growth Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 289, 115320. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115320.

2. Carabaño, R., Badiola, I., Licois, D., & Gidenne, T. (2006). The Digestive Ecosystem and Its Control through Nutritional or Feeding Strategies. In: Maertens L., Coudert P., editors. Recent Advances in Rabbit Sciences. Melle, Belgium, 211–227.

3. Vilà, B., Esteve-Garcia, E., & Brufau, J. (2010). Probiotic Micro-Organisms: 100 Years of Innovation and Efficacy; Modes of Action. *World's Poult. Sci. J.*, 66, 369–380. https://doi.org/10.1017/S0043933910000474.

4. Havenaar, R., ten Brink, B., & Huis, J. H. J. (1992). Probiotics. Springer; Berlin/Heidelberg, Germany: Selection of Strains for Probiotic Use, 209–224.

5. Misiukiewicz, A., Gao, M., Filipiak, W., Cieslak, A., Patra, A. K., & Szumacher-Strabel, M. (2021). Review: Methanogens and methane production in the digestive systems of nonruminant farm animals. *Animal*, 15(1), 100060. https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100060

6. Chaudhary, L. C., Singh, R., Kamra, D. N., & Pathak, N. N. (1995). Effect of oral administration of yeast (Saccharomyces Cerevisiae) on digestibility and growth performance of rabbits fed diets of different fibre content. *World Rabbit Science*, 3(1), 15-18. https://doi.org/10.4995/wrs.1995.235

7. Korkh, O. V., Platonova, N. P., Aksonov, Ie. O., Petrash, V. S., & Smetana, O. I. (2021). Pokaznyky miasnoi produktyvnosti vidhodivelnoho molodniaku kroliv za vykorystannia probiotyka [Indicators of meat productivity of fattening young rabbits using probiotics]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN – Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine.* Kharkiv, 126, 52–61. https://doi.org/10.32900/2312-8402-2021-126-52-62 [in Ukrainian]. http://animal.kharkov.ua/index.php/component/content/article/2-uncategorised/640-ntb126-8

8. Gidenne, T, & Maertens, L. (2016). Feed efficiency in rabbit production: Nutritional, technico-economical and environmental aspects. In: 11. World Rabbit Congress. Proceedings World Rabbit Congress. WRSA. Accessed July 15. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02046863.

9. Higgins, J. P. T, Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M.J., & Welch, V. A. (editors) (2022). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* version 6.3 (updated February 2022). Cochrane. Available from www.training.cochrane.org/handbook.

10. Jerome, N., Mousset, J. L., Lebas, F., & Robart, P. (1996). Effect of diet supplementation with oxytetracycline combi ned or not with different feed-additives on fattening performance in the rabbit. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, 9-12/07/1996. 1. 205-210.

11. Onifade, A. A., Obiyan, R. I., Onipede, E., Adejumo, D. O., Abu, O. A., & Babatunde, G. M. (1999). Assessment of the effects of supplementing rabbit diets with a culture of Saccharomyces cerevisiae using growth performance, blood composition and clinical enzyme activities. *Animal Feed Science and Technology*, 77(1-2), 25-32. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(98)00244-2

12. Lambertini, L., Vignola, G., Beone, G. M., Zaghini, G., & Formigoni, A. (2004). Effects of chromium yeast supplementation on growth performances and meat quality in rabbits. *World Rabbit Science*, 12(1), 33-47. https://doi.org/10.4995/wrs.2004.582

13. Kimsé, M., Bayourthe, C., Monteils, V., et al. (2012). Live yeast stability in rabbit digestive tract: Consequences on the caecal ecosystem, digestion, growth and digestive health. *Animal Feed Science and Technology*, 173, 235-243. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.01.012

14. Rotolo, L., Gai, F., Peiretti, P. G., Ortoffi, M., Zoccarato, I., & Gasco, L. (2014). Live yeast (Saccharomyces cerevisiae var. boulardii) supplementation in fattening rabbit diet: Effect on productive performance and meat quality. *Livestock Science*, 162, 178-184. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.022

15. Belhassen, T., Bonai, A., Gerencsér, Z., et al. (2016). Effect of diet supplementation with live yeast Saccharomyces cerevisiae on growth performance, caecal ecosystem and health of growing rabbits. *World Rabbit Science*, 24 (3), 191-200. https://doi.org/10.4995/wrs.2016.3991

16. El-Kelawy, H., & El-Kelawy, M. (2016). Impact of dietary supplementation with multi enzyme and/or probiotic on growth performance, nutrients digestibility and blood constituents of growing rabbits. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 19(2), 313-323. https://doi.org/10.21608/ejnf.2016.74913

17. Ayyat, M. S., Al-Sagheer, A. A., Abd, El-Latif, K. M., & Khalil, B. A. (2018). Organic Selenium, Probiotics, and Prebiotics Effects on Growth, Blood Biochemistry, and Carcass Traits of Growing Rabbits During Summer and Winter Seasons. *Biol Trace Elem Res*., 186(1), 162-173. https://doi.org/10.1007/s12011-018-1293-2

18. Awad, A., Abd Elhamid, A. E., Azoz, A. B., & Elthawy, W. (2019). Effect of addition of Saccharomyces cerevisiae and/ or sodium butyrate on growth performance and blood biochemicals in growing rabbits. *Egyptian Journal of Rabbit Science.*, 29 (2), 171-195. https://doi.org/10.21608/ejrs.2019.84223

19. Abdel-Aziz Elsawy, B., Ahmed, A., Elbadwy, Y., & Elsyed, I. (2021). Impact of Saccharomyces Cerevisiae Boulardii Supplementation as Probiotic on Productive Performance and Economic Efficiency of Growing Rabbits. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 29(2), 795-800. https://doi.org/10.21608/ajs.2021.52876.1308

20. Elmasry, A. M. A, Miranda, L. A., Mendoza, G., & Plata, F. X. (2021). Effect of Yeast Type and Dose on Growth Performance and Nutrient Digestibility of Growing Rabbits Fed Maize or Barley. *Indian Journal of Animal Research*. https://doi.org/10.18805/IJAR.B-1331

21. Khan, K., Aziz, K., Khan, N. A., Khan, S., & Ayasan, T. (2022). Effect of enzyme and yeast-based feed additives on growth, nutrient digestibility, meat quality and intestinal morphology of fattening rabbits. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 72, 3511-3518. https://doi.org/10.12681/jhvms.29404

22. EFSA (European Food Safety Authority) (2005). The Impact of the current housing and husbandry systems on the health and welfare of farmed domestic rabbits. *EFSA Journal*, 267, 1–31. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.267

23. Gidenne, T., Garreau, H., Drouilhet, L., Aubert, C., & Maertens, L. (2017). Improving feed efficiency in rabbit production, a review on nutritional, technico-economical, genetic and environmental aspects. *Animal Feed Science and Technology*, 225, 109-122.

24. Maertens, L., & Gidenne, T. (2016). Feed efficiency in rabbit production: nutritional, technico-economical and environmental aspects. 11th World Rabbit Congress-June 15-18,2016-Qingdao-China, 337-352.

25. Maj, D., Bieniek, J., Łapa, P., Sternstein, I. (2009). The effect of crossing New Zealand White with Californian rabbits on growth and slaughter traits. Archiv Tierzucht. 52. 205-211. https://doi.org/10.5194/aab-52-205-2009.

26. Maertens L., De Groote G. (1992). Effect of a dietary supplementation of live yeast on the zootechnical performancfs of does and weanling rabbits Proceedings 5th World Rabbit Congress, 25-30 July 1992, Corvallis – USA, 1079-1086.

МЕТА-АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДІЄТИЧНОЇ ДОБАВКИ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE MUGL 39885* НА ВІДГОДІВЛЕНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОМИСЛОВИХ КРОЛІВ

Платонова Н. П., доктор с.-г. наук, Інститут тваринництва НААН / Університет Адама Міцкевича у Познані, Польща

Проведено дослідження з визначення впливу добавки Saccharomyces cerevisiae MUGL 39885 у раціоні відгодівельного молодняку кролів на їхню виживаність, показники продуктивності та коефіцієнт конверсії корму.

У мета-аналізі додавання Saccharomyces cerevisiae MUGL 39885 до раціону відгодівельних кролів викликало значне збільшення кінцевої ваги на 132,24 г (нестандартизована середня різниця). Згідно з отриманими даними, існує систематична помилка, пов'язана з упередженням публікацій (критерій Еггера, $p =< 0,001$) і високою неоднорідністю між дослідженнями ($I^2 = 92,9$ %, $p<0,001$). Результати Q-тесту ($\chi^2=282,733$, $p<0,001$) вказують на наявність статистично значущої неоднорідності, а нульову гіпотезу, яка стверджує, що всі дослідження мають спільний розмір ефекту, було відхилено. Ефект введення Saccharomyces cerevisiae не характеризувався статистично значущими варіаціями в генетичних підгрупах кролів (тест на підгрупові відмінності: $p=0,759$). Паралельно існує статистично значуща варіація в підгрупах дози введення (тест на відмінності підгруп: $p = 0,04$). За застосування вищої концентрації Saccharomyces cerevisiae середня кінцева маса в дослідній групі була на 209,23 г вищою, ніж в контрольній групі. При меншій концентрації Saccharomyces cerevisiae середня кінцева маса в досліді була більшою за контроль на 93,38 г.

Saccharomyces cerevisiae (MUGL 39885, 0,01% - 15 мільярдів клітин на грам) додавали в корм для дослідної групи кролів (n=200) перед гранулюванням. За 37 днів відгодівлі контрольна група досягла середньої маси 2230 г, тоді як маса дослідної групи становила 2608 г, ймовірно, завдяки кращому FCR. Порівняння виживаності кролів у кожній групі не показало суттєвої різниці для однобічного t-критерію ($p=0,097$).

Отже, використання комбікорму з добавкою Saccharomyces cerevisiae впливає на результати відгодівлі кролів. Дослідна група отримала статистично значущу найкращу середню кінцеву масу, добовий приріст і коефіцієнт конверсії корму в однакових умовах вирощування. Це підтверджує результати мета-аналізу. У той же час, немає статистично підтверджених змін у споживанні корму між групами, і це багатообіцяючий і важливий економічний та екологічний результат.

Ключові слова: відгодівля кролів, Saccharomyces cerevisiae, м'ясна продуктивність, коефіцієнт конверсії корму, мета-аналіз.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-21-35
UDC 577.1: 577.112.4: 577.115.4: 639.2: 615.322

DOSE-DEPENDENT ALTERATIONS IN THE BIOMARKERS OF LIPID AND PROTEIN OXIDATION IN THE MUSCLE TISSUE OF RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM) AFTER *IN VITRO* TREATMENT BY EXTRACTS OF GREAT CELANDINE (*CHELIDONIUM MAJUS* L.)

Stefanowski N., student https://orcid.org/ 0000-0002-3285-6036
Tkachenko H., Doctor of Biological Sciences
https://orcid.org/0000-0003-3951-9005
Kurhaluk N., Doctor of Biological Sciences
https://orcid.org/0000-0002-4669-1092
Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Poland
Aksonov Ie., Ph.D.
https://orcid.org/0000-0002-6292-7819
The Institute of Animal Science NAAS, Kharkiv, Ukraine

Consistent with our previous studies, we continue to evaluate the antioxidant potential of representatives of the Papaveraceae family collected from the northern part of Poland on the model of muscle tissue of rainbow trout. Therefore, in the current study, oxidative stress biomarkers [2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins (OMP), and total antioxidant capacity (TAC)] were used to evaluate the antioxidant activity of extracts derived from stalks and roots of great celandine (Chelidonium majus L., CM) at a final dose of 5 mg/mL, 2,5 mg/mL, 1,25 mg/mL and 0,63 mg/mL. Homogenate of muscle tissues derived from rainbow trout was used in this in vitro study. Phosphate buffer was used as a positive control (blank). After incubation of the mixture at 25°C for 120 min with continuous mixing, samples were used for biochemical studies. Our studies have shown that the use of extracts at a final dose of 5 mg/ml and 2.5 mg/ml resulted in a statistically significant increase of lipid peroxidation biomarkers (TBARS levels) in the muscle tissue of rainbow trout. The final dose of extract 1.25 mg/ml caused a statistically significant increase in the levels of aldehydic and ketonic derivatives of OMP, and this is reflected when measuring the levels of TAC. On the other hand, the use of extracts at a final dose of 0.63 mg/ml derived from both roots and stems of CM resulted in statistically significant reduced levels of TBARS, as well as aldehydic and ketonic derivatives of OMP in the muscle tissue of rainbow trout after in vitro incubation. The comparison of these results showed that CM extracts can effectively inhibit the production of oxidatively modified carbonyls by scavenging free radicals. The secondary metabolites of CM, i.e. polyphenols, are most likely responsible for this effect. Screening of species of the family Papaveraceae for other biological activities, including antioxidant activity, is essential and may be effective in the search for preventive measures in the pathogenesis of some diseases, as well as in the prevention and treatment of some disorders in veterinary and medicine.

Keywords: **rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum), muscle tissue, oxidative stress, 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins (OMP), total antioxidant capacity (TAC).**

Free radical-induced macromolecular damage has been studied extensively as a mechanism of oxidative stress. Large-scale intervention trials with free radical-cavenging antioxidant supplements show little benefit in animals [1, 2, 36]. Recent advancements and growing attention to free radicals (ROS) and redox signaling enable the scientific fraternity to consider their involvement in the pathophysiology of inflammatory diseases, disorders, and many defects. Free radicals increase the concentration of reactive oxygen species and nitrogen oxygen species in the biological system through different endogenous sources and thus increased the overall oxidative stress [30]. An increase in oxidative stress causes cell death through different signaling mechanisms such as mitochondrial impairment, cell-cycle arrest, DNA damage response, inflammation, negative regulation of protein, and lipid peroxidation. Thus, an appropriate balance between free radicals and antioxidants becomes crucial to maintain physiological function [12, 17].

Oxidative stress, defined as disturbances in the pro- and antioxidant balance, is harmful to cells due to the excessive generation of highly reactive oxygen and nitrogen species [7]. When the balance is not disturbed, oxidative stress has a role in physiological adaptations and signal transduction [7]. However, an excessive amount of reactive oxygen and nitrogen species results in the oxidation of biological molecules such as lipids, proteins, and DNA [4, 18, 31].

Fish represent the largest group of vertebrates and they inhabit a broad range of ecosystems where they are subjected to many different aquatic contaminants. In many cases, the deleterious effects of contaminants have been connected to the induction of oxidative stress. Deciphering molecular mechanisms in responses of organisms to contaminant effects may let prevent or minimize the deleterious impacts of oxidative stress [20].

Recently, research on natural antioxidants has become increasingly active in various fields [11, 24]. Accordingly, numerous articles on natural antioxidants, including polyphenols, flavonoids, vitamins, and volatile chemicals, have been published [3, 19, 27]. Assays developed to evaluate the antioxidant activity of plants and food constituents vary [23, 29]. Phenolic compounds, ascorbic acid, and carotenoids, derived from different plant species, are able to protect the skin by preventing UV penetration, reducing inflammation and oxidative stress, and influencing several survival signaling pathways [28].

Recent studies report the antioxidant properties of plants in the Papaveraceae family and it could be used in veterinary and medicine [25]. *Chelidonium majus* L. (CM, Papaveraceae), or greater celandine, has a long history of being useful for the treatment of many diseases in European countries [39]. This plant is of great interest for its use also in Chinese herbal medicine. This plant contains, as a major secondary metabolite, isoquinoline alkaloids, such as sanguinarine, chelidonine, chelerythrine, berberine, and coptisine [10]. Other compounds structurally unrelated to the alkaloids have been isolated from the aerial parts: several flavonoids and phenolic acids [10]. CM extracts and their purified compounds exhibit interesting antioxidant, antiviral, antitumor, and antimicrobial properties both *in vitro* and *in vivo* [6, 10, 32, 39].

Therefore, in the present study, the oxidative stress biomarkers [2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), carbonyl derivatives of oxidative modification of proteins (OMP), total antioxidant capacity (TAC)] in the muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum), was used for assessing the antioxidant activity of root and stalk extracts derived from CM collected in urban and rural agglomerations of Kartuzy district (Pomeranian province, northern part of Poland).

Materials and Methods. ***Collection of Plant Material.*** Plant materials (Fig. 1B) were harvested from natural habitats on the territory of the Kartuzy district (54°20′N 18°12′E) in the Pomeranian province (northern part of Poland) (Fig. 1A). Kartuzy is located about 32 kilometers (20 miles) west of Gdańsk and 35 km (22 miles) south-east of the town of Lębork on a plateau at an altitude of approximately 200 meters (656 feet) above sea level on average. The plateau, which is divided by the Radaune lake, comprises the highest parts of the Baltic Sea Plate (http://www.kartuzy.pl/). Plants were collected from urban (n = 5) and rural agglomerations (n = 15) on the territory of the Kartuzy district.

A B

Fig. 1. Location of Kartuzy in the map of Poland (A), where the greater celandine (B) was collected.

Preparation of Plant Extracts. The collected roots and stalks were brought into the laboratory for biochemical studies. Freshly washed samples of plants were weighed, crushed, and homogenized in 0.1M phosphate buffer (pH 7.4) (in proportion 1:19, w/w) at room temperature. The extracts were then filtered and used for analysis. The extract was stored at -20°C until use.

Experimental fish. Clinically healthy rainbow trout with a mean body mass of 80-120 g were used in the experiments. The experiments were performed in water at 14.5 ± 0.5°C and pH 7.2-7.4. The dissolved oxygen level was about 9 ppm with an additional oxygen supply, with a water flow of 25 L/min, and a photoperiod of 12 h per day. The same experimental conditions were used during the whole research. The water parameters were maintained under constant surveillance. The fish were held in square tanks (150 fish per tank) and fed a commercial pelleted diet.

Muscle tissue samples. The muscle tissue samples were homogenized in ice-cold buffer (100 mM Tris-HCl, pH 7.2) using a glass homogenizer immersed in an ice water bath. Homogenates were centrifuged at 3,000 rpm for 15 min at 4 °C. After centrifugation, the supernatant was collected and frozen at −20°C until analyzed. All enzymatic assays were carried out at 22 ± 0.5°C using a Specol 11 spectrophotometer (Carl Zeiss Jena, Germany) in duplicate. The reactions were started by adding the tissue supernatant.

Experimental design. The supernatant of the muscle tissue was used to incubate with extracts derived from stalks and roots of CM at four final concentrations, i.e. 5 mg/mL, 2.5 mg/mL, 1.25 mg/mL. and 0.63 mg/mL, respectively, at room temperature.

The control samples (muscle tissue) were incubated with 100 mM Tris-HCl buffer (pH 7.2). The incubation time was 2 hours. Biomarkers of oxidative stress were studied in the incubated homogenates (control samples and in samples with extracts derived from stalks and roots of CM).

Assay of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). Lipid oxidation was evaluated by TBARS according to the method described by Kamyshnikov [13] with some modifications. TBARS were calculated as nmoles of malonic dialdehyde (MDA) per mg of protein.

The content of carbonyl derivatives of protein oxidative modification (OMP). To evaluate the protective effects of the extracts derived from stalks and roots of CM against free radical-induced protein damage in muscle samples, a carbonyl derivatives content of protein oxidative modification (OMP) assay based on the spectrophotometric measurement of aldehydic and ketonic derivatives in samples was performed. The rate of protein oxidative destruction was estimated from the reaction of the resultant carbonyl derivatives of amino acid reaction with 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNFH) as described by Levine and co-workers [15] and as modified by Dubinina and co-workers [8]. DNFH was used for determining carbonyl content in soluble and insoluble proteins. Carbonyl groups were determined spectrophotometrically from the difference in absorbance at 370 nm (aldehydic derivatives, OMP_{370}) and 430 nm (ketonic derivatives, OMP_{430}).

Measurement of total antioxidant capacity (TAC). The TAC level in the samples was estimated by measuring the 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) level after Tween 80 oxidation. This level was determined spectrophotometrically at 532 nm [9]. The level of TAC in the sample (%) was calculated with respect to the absorbance of the blank sample.

Statistical analysis. Statistical analysis of the data obtained was performed by employing the mean ± S.E.M. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test ($p > 0.05$). The significance of differences between the levels of oxidative stress biomarkers (significance level, $p < 0.05$) was examined using the Kruskal–Wallis one-way analysis of variance [38].The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA) using STATISTICA 13.3 software (TIBCO Software Inc., Krakow, Poland) [38].

Results and discussion. Figure 2 shows TBARS values in the muscle tissue of rainbow trout after incubation of greater celandine extracts. Using a dose of 5 mg/ml, we observed a statistically significant increase in TBARS levels in the muscle tissue of rainbow trout after *in vitro* incubation with the root extracts by 14.9% ($p < 0.05$) compared to the untreated samples (226.12 ± 1.5 nmol/mg protein *vs*. 196.72 ± 1.34 nmol/mg protein). A similar, yet not statistically significant increase (by 13.7%, $p > 0.05$) in the levels of lipid peroxidation biomarkers was recorded after *in vitro* incubation of the muscle tissue of rainbow trout with stalk extracts of CM compared to the untreated samples (223.73 ± 0.82 nmol/mg protein *vs*. 196.72 ± 1.34 nmol/mg protein). By lowering the final dose of the extract to a value of 2.5 mg/ml, we also recorded a statistically significant increase in the level of lipid peroxidation biomarkers in the muscle tissue of rainbow trout after incubation with both root and stalk extracts (by 13 %, $p < 0.05$ and 14.9 %, $p < 0.05$, respectively), compared to the untreated controls (222.88 ± 0.95 nmol/mg protein *vs*. 196.72 ± 1.34 nmol/mg protein for root extracts; 225.99 ± 1.36 nmol/mg protein *vs*. 196.72 ± 1.34 nmol/mg protein for stalk extracts) (Fig. 2).

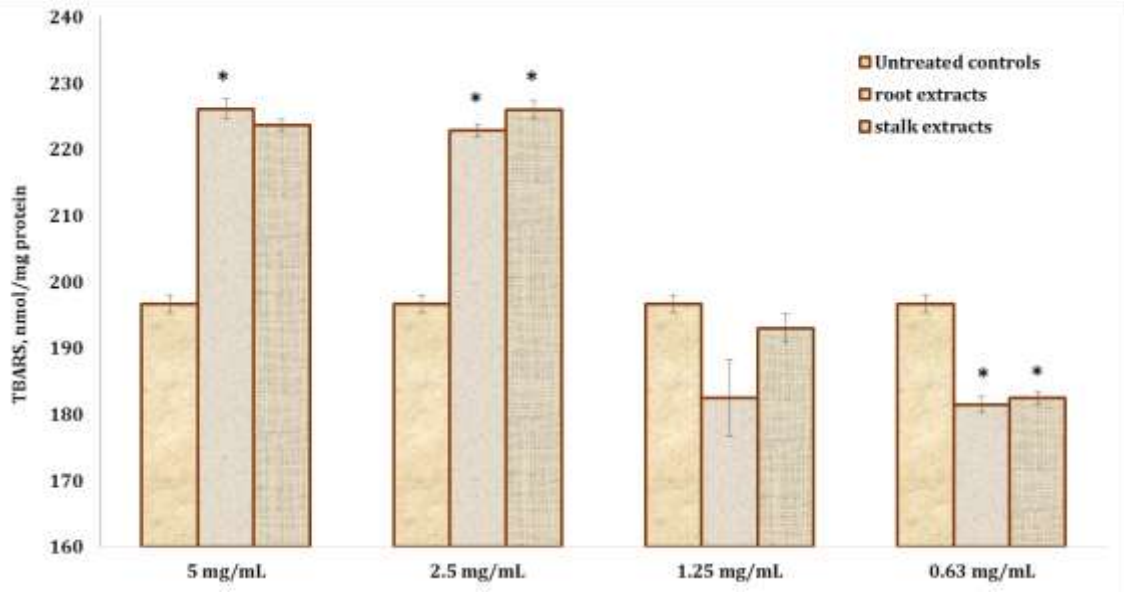


Fig. 2. The content of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) as a biomarker of lipid peroxidation in the muscle tissue of rainbow trout after *in vitro* incubation with extracts in different doses (5 mg/mL, 2.5 mg/mL, 1.25 mg/mL, 0.63 mg/mL) derived from stalks and roots of great celandine (M ± m, n = 8).

*– changes are statistically significant ($p < 0.05$) in relations untreated controls *vs*. extracts derived from roots and stalks of CM.

A different trend was observed after *in vitro* incubation of muscle tissue with both root and stalk extracts of CM at a dose of 1.25 mg/ml, where there was a statistically non-significant decrease in TBARS levels by 7.2 % ($p > 0.05$) and 1.9% ($p > 0.05$), respectively, compared to the untreated controls (182.49 ± 5.84 nmol/mg protein *vs*. 196.72 ± 1.34 nmol/mg protein for root extracts; 192.97 ± 2.11 nmol/mg protein *vs*. 196.72 ± 1.34 nmol/mg protein for stalk extracts). By lowering the final dose of extract to 0.63 mg/ml, we observed a statistically significant reduction in lipid peroxidation biomarkers after *in vitro* incubation of muscle tissue of rainbow trout with both root and stalk extracts by 7.7 % ($p < 0.05$) and 7.2 % ($p < 0.05$), respectively, compared to the untreated samples (181.5 ± 1.23 nmol/mg protein *vs*. 196.72 ± 1.34 nmol/mg protein for root extracts; 182.5 ± 0.97 nmol/mg protein *vs*. 196.72 ± 1.34 nmol/mg protein for stalk extracts) (Fig. 2).

When we incubated the muscle tissue of rainbow trout with root extracts at a final dose of 5 mg/ml, we observed a statistically non-significant increase in the levels of aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins (by 2.7 %, $p > 0.05$) compared to the untreated samples (13.02 ± 0.13 nmol/mg protein *vs*. 12.68 ± 0.16 nmol/mg protein). A different trend was observed after incubation of muscle tissues with stalk extracts at a final dose of 5 mg/ml, where there was a statistically non-significant reduction in the levels of aldehydic derivatives of OMP (by 2 %, $p > 0.05$) compared to the untreated samples (12.43 ± 0.13 nmol/mg protein *vs*. 12.68 ± 0.16 nmol/mg protein). Using extracts derived from both roots and stalks of CM at a final dose of 2.5 mg/ml after incubating *in vitro* with muscle tissue, we observed a statistically non-significant reduction in the levels of aldehydic derivatives of OMP (by 2.6 %, $p > 0.05$ and 12.23 %, $p > 0.05$, respectively), compared to the untreated controls (12.35 ± 0.11 nmol/mg protein *vs*. 12.68 ± 0.16 nmol/mg protein for root extracts; 12.23 ± 0.21 nmol/mg protein *vs*. 12.68 ± 0.16 nmol/mg protein for stalk extracts) (Fig. 3).

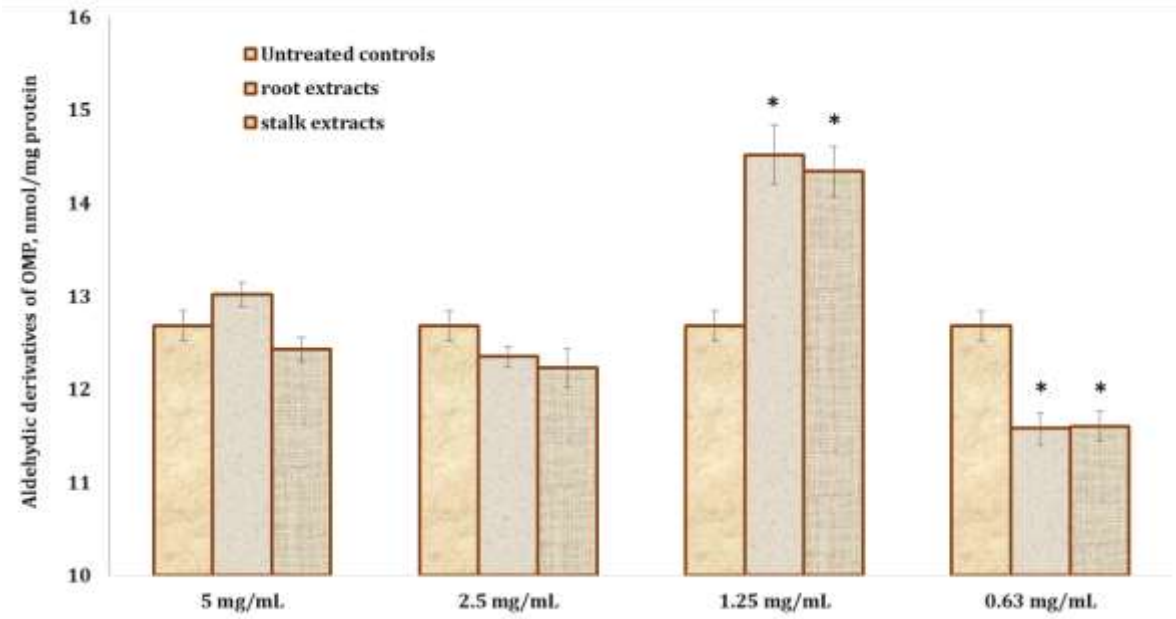


Fig. 3. The content of aldehydic derivatives as a biomarker of oxidatively modified proteins in the muscle tissue of rainbow trout after *in vitro* incubation with extracts in different doses (5 mg/mL, 2.5 mg/mL, 1.25 mg/mL, 0.63 mg/mL) derived from stalks and roots of great celandine (M ± m, n = 8).

*– changes are statistically significant ($p < 0.05$) in relations untreated controls *vs*. extracts derived from roots and stalks of CM.

Other results were obtained after incubation of muscle tissue with extracts derived from both roots and stalks of CM at a final dose of 1.25 mg/ml, where there was a statistically significant increase in levels of aldehydic derivatives of OMP (by 14.5 %, $p < 0.05$ and 14.34%, $p < 0.05$, respectively), compared to the untreated samples (14.52 ± 0.32 nmol/mg protein *vs*. 12.68 ± 0.16 nmol/mg protein for root extracts; 14.34 ± 0.27 nmol/mg protein *vs*. 12.68 ± 0.16 nmol/mg protein for stalk extracts). The trend was different when we incubated *in vitro* muscle tissue of rainbow trout with extracts derived from both root and stalk extracts at a final dose of 0.63 mg/ml. We observed a statistically significant reduction in the levels of aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins (by 8.7%, $p < 0.05$ and 8.5%, $p < 0.05$, respectively), compared to the untreated controls (11.58 ± 0.17 nmol/mg protein *vs*. 12.68 ± 0.16 nmol/mg protein for root extracts; 11.6 ± 0.16 nmol/mg protein *vs*. 12.68 ± 0.16 nmol/mg protein for stalk extracts) (Fig. 3).

By incubating *in vitro* the muscle tissue of rainbow trout with root extracts at a final dose of 5 mg/ml, we observed a statistically non-significant increase in levels of ketonic derivatives of oxidatively modified proteins by 12.8 % ($p > 0.05$) compared to the untreated samples (13.99 ± 0.52 nmol/mg protein *vs*. 12.4 ± 0.62 nmol/mg protein). A different trend was noted after incubating the muscle tissue with stalk extracts at a final dose of 5 mg/ml, as there was a statistically significant reduction in the levels of ketonic derivatives of OMP by 9.4 % ($p < 0.05$) compared to the untreated samples (11.24 ± 0.47 nmol/mg protein *vs*. 12.4 ± 0.62 nmol/mg protein). Similarly, yet statistically non-significant reductions in ketonic derivatives of OMP were observed after *in vitro* incubation of muscle tissue with extracts derived from both roots and stalks at a final dose of 2.5 mg/ml, i.e. by 7.3 % ($p > 0.05$) and 11.5 % ($p > 0.05$), respectively, compared to the control (11.49 ± 0.46 nmol/mg protein *vs*. 12.4 ± 0.62 nmol/mg protein

for root extracts; 10.98 ± 0.53 nmol/mg protein *vs*. 12.4 ± 0.62 nmol/mg protein for stalk extracts) (Fig. 4).

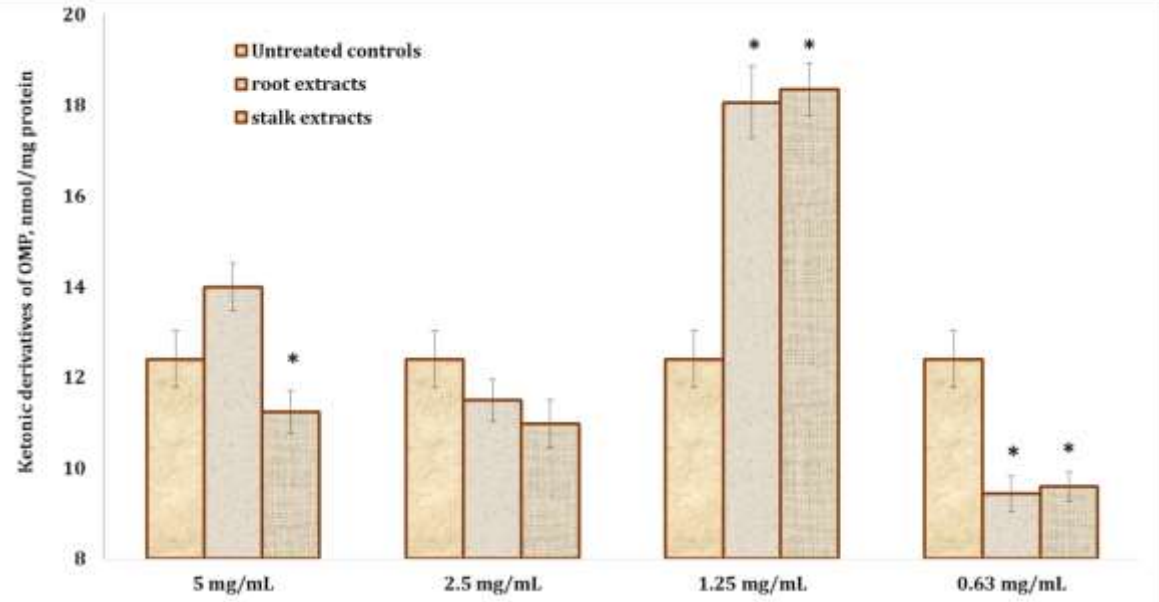


Fig. 4. The content of ketonic derivatives as a biomarker of oxidatively modified proteins in the muscle tissue of rainbow trout after *in vitro* incubation with extracts in different doses (5 mg/mL, 2.5 mg/mL, 1.25 mg/mL, 0.63 mg/mL) derived from stalks and roots of great celandine (M ± m, n = 8).

*– changes are statistically significant ($p < 0.05$) in relations untreated controls *vs*. extracts derived from roots and stalks of CM.

Applying a final dose of 1.25 mg/ml of both root and stalk extracts to muscle tissue after incubation *in vitro*, we recorded statistically significant increases in levels of ketonic derivatives of OMP by 45.6 % ($p < 0.05$) and 48 % ($p < 0.05$), respectively, compared to the untreated control (18.6 ± 0.8 nmol/mg protein *vs*. 12.4 ± 0.62 nmol/mg protein for root extracts; 18.35 ± 0.58 nmol/mg protein *vs*. 12.4 ± 0.62 nmol/mg protein for stalk extracts). A different trend was observed after *in vitro* incubation of trout muscle tissue with extracts derived from both roots and stalks of CM at a final dose of 0.63 mg/ml, where there was a statistically significant reduction in the levels of ketonic derivatives of OMP by 24 % ($p < 0.05$) and 22.6 % ($p < 0.05$), respectively, compared to the untreated control (9.43 ± 0.39 nmol/mg protein *vs*. 12.4 ± 0.62 nmol/mg protein for root extracts; 18.35 ± 0.58 nmol/mg protein *vs*. 9.6 ± 0.32 nmol/mg protein for stalk extracts) (Fig. 4).

Analyzing the total antioxidant capacity (Fig. 5) after incubation of trout muscle tissue with both root and stalk extracts of CM at a final dose of 5 mg/ml, we observed a statistically non-significant reduction in TAC levels (by 8 %, $p > 0.05$ and 6.7 %, $p>0.05$, respectively), compared to the untreated samples (61.69 ± 1.77 % vs. 67.07 ± 1.16 % for root extracts; 62.59 ± 0.58 % vs. 67.07 ± 1.16 % for stalk extracts). Lowering the dose of extracts to 2.5 mg/ml, we recorded a statistically significant reduction in TAC level by 12.5 % ($p < 0.05$) after in vitro incubation of muscle tissue with root extracts compared to the untreated controls (58.7 ± 2.16 % vs. 67.07 ± 1.16 %) (Fig. 5).

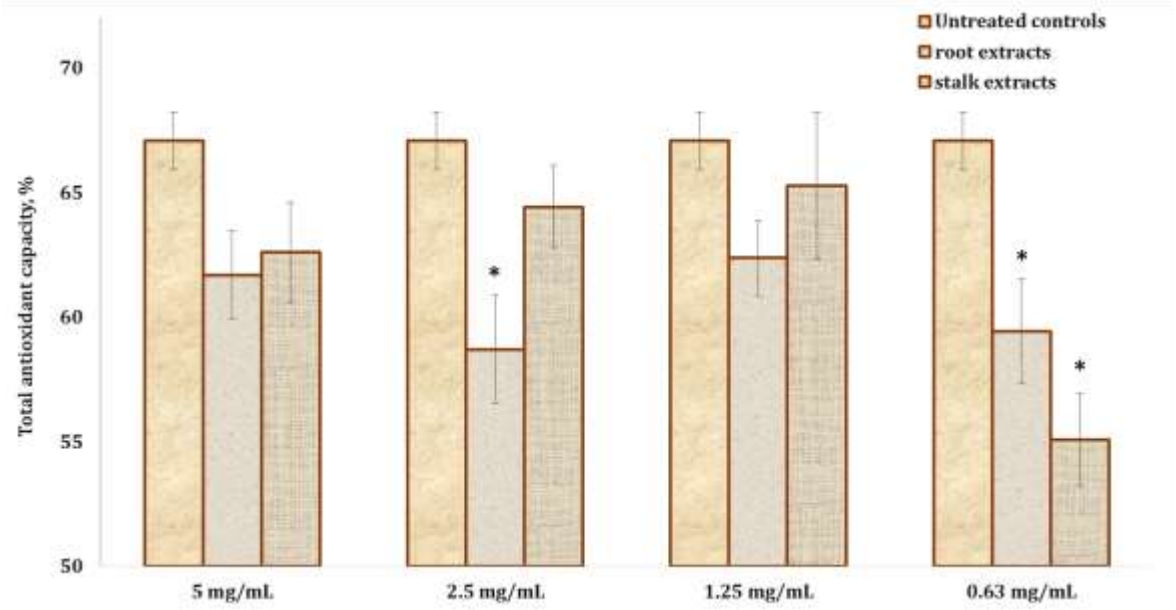


Fig. 5. The total antioxidant capacity in the muscle tissue of rainbow trout after *in vitro* incubation with extracts in different doses (5 mg/mL, 2.5 mg/mL, 1.25 mg/mL, 0.63 mg/mL) derived from stalks and roots of great celandine (M ± m, n = 8).

*– changes are statistically significant ($p < 0.05$) in relations untreated controls *vs*. extracts derived from roots and stalks of CM.

We noted a similar yet statistically non-significant reduction in TAC level after incubating muscle tissue with stalk extracts at a final dose of 2.5 mg/ml (by 4 %, $p > 0.05$) compared to the untreated controls (64.42 ± 1.65 % *vs*. 67.07 ± 1.16 %). Using a dose of both root and stalk extract at 1.25 mg/ml, we recorded a statistically non-significant reduction in total antioxidant capacity after incubation with muscle tissue (by 7 %, $p > 0.05$ and 2.7 %, $p > 0.05$, respectively), compared to the untreated controls (62.36 ± 1.52 % *vs*. 67.07 ± 1.16 % for root extracts; 63.26 ± 2.94 % *vs*. 67.07 ± 1.16 % for stalk extracts). By lowering the final dose of both root and stalk extracts of CM to 0.63 mg/ml and incubating them with trout muscle tissue, we observed a statistically significant reduction in TAC levels by 11.4 % ($p < 0.05$) and 17.9 % ($p < 0.05$), respectively, compared to the untreated controls (59.42 ± 2.12 % *vs*. 67.07 ± 1.16 % for root extracts; 55.09 ± 1.83 % *vs*. 67.07 ± 1.16 % for stalk extracts) (Fig. 5).

In our previous study [35], we also demonstrated the *in vitro* antioxidant activity of CM extracts using the muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Our results revealed that extracts derived from CM collected from both urban and rural areas statistically significantly reduced the levels of aldehydic derivatives of OMB (by 18.8 %, $p < 0.05$). The analysis of the levels of ketonic derivatives of OMP showed that extracts of CM collected from both urban and rural areas statistically significantly decreased the levels of ketonic derivatives of OMP (by 20.6 % and 21.5 %, respectively, for urban areas, as well as by 26.7 % and 12.5 % for rural areas). Lower levels of lipid peroxidation biomarkers were observed after incubation with stalk extracts, while those collected from rural areas showed the lowest result. Root extracts of CM collected from urban and rural areas increased TBARS levels. Analysis of oxidatively modified protein levels in the blood of rainbow trout after *in vitro* incubation with root and stalk extracts demonstrated that extracts can inhibit the production of oxidative carbonyls by scavenging free radicals [33].

We also evaluated the effects of extracts derived from stalks and roots of CM collected from rural and urban agglomerations on levels of oxidatively modified pro-

teins in the erythrocyte suspension of rainbow trout after incubation with the extracts *in vitro* [34]. When rainbow trout erythrocytes were incubated with root and stalk extracts obtained from CM plants, the OMP level was significantly decreased. Although the precise mechanisms responsible for the effects of CM on OMP levels remain to be explored more, they might be related to some components such as catechins, flavonols, and phenolic acids of plant pigments. Polyphenols and alkaloids are diverse groups of naturally occurring compounds with different biological functions. Many polyphenols such as catechins can regulate antioxidant reactions.

Based on the broad spectrum of its biological activities, CM has been studied extensively in the medical and veterinary fields. Also, protoberberine compounds derived from CM possess anticancer and antiproliferative activities. The effect of a protoberberine-rich fraction (BBR) of CM on endometriosis regression was investigated by Warowicka and co-workers [37]. BBR was prepared from an ethanolic extract of dry plant CM. Rats with confirmed endometriosis were treated with BBR administered orally (1 g/kg) for 14 days. The metabolomic pattern was compared before and after the protoberberine treatment. The performed analysis showed significant changes in the concentrations of metabolites that are involved in energy homeostasis, including glucose, glutamine, and lactate. Histopathological studies showed no recurrence of endometriosis loci after treatment with BBR. The results of the study found that BBR treatment prevents the recurrence of endometriosis in rats [37].

In the study of Zou and co-workers [40], larvicidal activity and insecticidal mechanism of CM on *Lymantria dispar* were investigated using bioassays, *in vitro* and *in vivo* enzyme activity assays, determination of the nutritional index, and gene transcription analysis. The results showed that alkaloids are the main insecticidal ingredients in CM. Among the five isoquinoline alkaloids, coptisine was present at the highest concentration (1624.23 mg/L), while tetrahydrocoptisine showed the lowest concentration (0.47 mg/L). Both the crude extract of CM (CECm) and the total alkaloids of CM (TACm) possessed a potent insecticidal activity toward *L. dispar* larvae. TACm had significant effects on the relative consumption rate, efficiency of conversion of digested food into growth, approximate digestibility, and approximate digestibility of *L. dispar* larvae. Enzyme activity assays suggested that both CECm and TACm displayed their strongest inhibitory activity to *in vitro* glutathione S-transferase (GST) and acetylcholinesterase (AChE), and showed the weakest inhibition of *in vitro* carboxylesterase (CarE). Moreover, CECm and TACm affected the *in vivo* activities of five enzymes. The *in vivo* activities of AChE and CarE in *L. dispar* larvae were inhibited significantly by CECm and TACm. Also, qRT-PCR analysis revealed that the transcription of the five enzymes was also affected by TACm. Thus, alkaloids in CM showed prominent toxicity to *L. dispar* by reducing food intake, influencing nutritional indices, and affecting the activity and mRNA transcription of detoxifying and protective enzymes [40].

CM was not hepatotoxic in Wistar rats, in a 4-week feeding experiment. Mazzanti and co-workers [21] have evaluated the effects on the liver function of a CM extract, obtained from the herbal material responsible for one case of hepatotoxicity. Experiments were performed in Wistar rats, after oral administration of doses corresponding to 1.5 and 3g/(kg day) of herbal drug, for 2 or 4 weeks. Blood samples were collected to perform biochemical analysis, whereas liver samples were used for histomorphological and immunohistochemical examination along with the determination of oxidative stress parameters. No significant modification in animal body weight, food consumption, enzyme activities, hepatic histomorphology, and malonic dialdehyde (MDA) formation, at either time or dosage level. Conversely, CM induced a slight but significant decrease in reduced glutathione (GSH) levels and superoxide dismutase (SOD) ac-

tivity, especially at the high dose. The study of these researchers suggested that CM, at doses about 50 and 100 times higher than those generally used in humans, does not alter hepatic function. However, the reduction in GSH levels and SOD activity suggests particular attention to the use of CM or its preparations in situations (pharmacological treatments, physio-pathological conditions, etc.) that can compromise liver function [21].

CM exhibited anti-tumor and anti-oxidative stress potential against artificially induced hepatic tumors and hepatotoxicity in rats. Banerjee and co-workers [2] have analyzed the efficacy of homeopathic *Chelidonium majus* (Chel) 30C and 200C in amelioration of experimentally induced hepatotoxicity in rats. Rats were randomized into six sub-groups: negative control; negative control + ethanol; positive control; positive control + ethanol group; Chel 30; Chel 200. Rats were sacrificed at days 30, 60, 90, and 120; various toxicity biomarkers and pathological parameters were evaluated. Gelatin zymography for determination of metalloproteinases activity and Western blot of p53 and Bcl-2 proteins were also employed. Results of these researchers revealed that chronic feeding of p-dimethyl amino azo benzene (p-DAB) and phenobarbital (PB) elevated the levels of aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), gamma-glutamyl transferase (GGT), lactate dehydrogenase (LDH), triglyceride, cholesterol, creatinine, and bilirubin and lowered the levels of glutathione (GSH), glucose-6-phosphate dehydrogenase (G-6-PD), catalase and HDL-cholesterol. There were statistically significant modulations of these parameters in the treated animals, compared to positive controls. In both treated groups, there was downregulation of metalloproteinases, p53, and Bcl-2 proteins compared to over-expression in the positive control groups [2].

Alkaloids from CM and their inhibitory effects on LPS-induced NO production in RAW264.7 cells were studied by Park and co-workers [26]. A new alkaloid, methyl 2'-(7,8-dihydrosanguinarine-8-yl)acetate (1), together with six known alkaloids, stylopine (2), protopine (3), norchelidonine (4), chelidonine (5), berberine (6), and 8-hydroxydihydrosanguinarine (7), were isolated from CM. The anti-inflammatory activity of the isolates was examined for their inhibitory effects on LPS-induced NO production in macrophage RAW264.7 cells. Among them, compounds 5 and 7 showed strong inhibitory activities toward the LPS-induced NO production in macrophage RAW264.7 cells with IC_{50} values of 7.3 and 4.5 μM, respectively. In addition, compounds 5 and 7 inhibited the inductions of COX-2 and iNOS mRNA in dose-dependent manners, indicating that these compounds attenuated the syntheses of these transcripts at the transcriptional level [26].

Mikołajczak and co-workers [22] have evaluated analgesic activity ("hot plate" test), anti-inflammatory activity (carrageenan-induced paw edema), and locomotor activity in rats under the influence of three fractions of CM herb extract: full water extract (FWE), protein enriched fraction (PEF), and a non-protein fraction (NPF). Effects of the fractions on the level of chosen cytokines and their mRNA levels were also assessed using lipopolysaccharide (LPS) administration as a proinflammatory cue. All fractions and diclofenac did not affect the locomotor activity of rats in comparison with the control group. FWE and PEF three hours after administration showed statistically significant analgesic activities comparable to morphine ($p < 0.05$). A slight reduction in rat paw edema was observed after three (comparable with diclofenac) and six hours in the NPF group. FWE revealed a statistically significant pro-inflammatory effect after three hours in comparison with the control group. Peripheral IL-1 and IL-4 cytokine concentrations were reduced under FWE and NPF, PEF fractions. The combination of FWE, PEF, and NPF together with LPS showed only the effects of LPS. We suggest that pro-

tein-enriched fraction (PEF) produced centrally mediated (morphine-like) analgesic action, whereas the anti-inflammatory potential was shown only after LPS-induced inflammation. The precise mechanisms involved in the production of anti-nociceptive and anti-inflammatory responses of studied fractions are not completely understood, but they may be caused rather by the presence of protein more than an alkaloids-enriched fraction [22].

Tetrahydrocoptisine (THC) is one of the main active components of CM and has been described to be effective in suppressing inflammation. The protective effect of THC on LPS-induced acute lung injury (ALI) in rats was evaluated by Li and co-workers [16]. These researchers found that in vivo pretreatment with THC to rats 30 min before inducing ALI by LPS markedly decreased the mortality rate, lung wet weight to dry weight ratio, and ameliorated lung pathological changes. Meanwhile, THC significantly inhibited the increase of the amounts of inflammatory cells, total protein content, tumor necrosis factor-α (TNF-α), and interleukin-6 (IL-6) secretion in the bronchoalveolar lavage fluids (BALFs). Furthermore, THC inhibited myeloperoxidase (MPO) accumulation in lung tissue and alleviated TNF-α and IL-6 production in serum. Additionally, immunohistochemistry showed that THC efficiently reduced nuclear factor-kappa B (NF-κB) activation by inhibiting the translocation of NF-κBp65. Thus, THC possesses a protective effect on LPS-induced ALI through inhibiting NF-κB signaling pathways, which may involve the inhibition of the pulmonary inflammatory process [16].

Treatment with CM extract has natriuretic and antidiuretic effects against cadmium-induced nephrotoxicity in rats. The natriuretic and antidiuretic effects of methyl alcohol extracts of CM leaves in the kidneys of cadmium-intoxicated rats were evaluated in the study of Koriem and co-workers [14]. There was a decrease in kidney weight and serum electrolytes, but an increase in urinary volume, excretion of electrolytes, serum urea, and creatinine, after 9 weeks of cadmium chloride intoxication. Treatment of CM methyl alcohol extract for 10 weeks starting 1 week before cadmium administration shifted the above parameters towards the normal values. These results were supported by molecular and histological investigations [14].

Conclusions. Our studies have revealed that the use of extracts derived from CM at a final dose of 5 mg/ml and 2.5 mg/ml resulted in a statistically significant increase of lipid peroxidation biomarkers (TBARS levels) in the muscle tissue of rainbow trout in vitro incubation. The final dose of 1.25 mg/ml caused statistically significant increases in the levels of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins, and this was reflected when measuring the levels of total antioxidant capacity (TAC). On the other hand, the use of extracts at a final dose of 0.63 mg/ml derived from both roots and stalks of CM resulted in statistically significantly reduced levels of TBARS, as well as aldehydic and ketonic derivatives of OMP in the muscle tissue of rainbow trout after in vitro incubation. This may suggest that the presence of secondary metabolites such as alkaloids and polyphenols, among others, at such doses may induce such biological responses. These results demonstrated that there is a further need to search for an alternative dose of CM extracts for exhibiting therapeutic effects. This could find application in veterinary and other medical fields.

References

1. Balaban, R. S., Nemoto, S., & Finkel, T. (2005). Mitochondria, oxidants, and aging. *Cell*, 120(4), 483–495. https://doi.org/10.1016/j.cell.2005.02.001.

2. Banerjee, A., Pathak, S., Biswas, S. J., Roy-Karmakar, S., Boujedaini, N., Belon, P., & Khuda-Bukhsh, A. R. (2010). *Chelidonium majus* 30C and 200C in in-

duced hepato-toxicity in rats. Homeopathy: *The Journal of the Faculty of Homeopathy*, 99(3), 167–176. https://doi.org/10.1016/j.homp.2010.05.008.

3. Berger, R. G., Lunkenbein, S., Ströhle, A., & Hahn, A. (2012). Antioxidants in food: mere myth or magic medicine?. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(2), 162–171. https://doi.org/10.1080/10408398.2010.499481.

4. Birben, E., Sahiner, U. M., Sackesen, C., Erzurum, S., & Kalayci, O. (2012). Oxidative stress and antioxidant defense. *The World Allergy Organization Journal*, 5(1), 9–19. https://doi.org/10.1097/WOX.0b013e3182439613.

5. Chen, A. F., Chen, D. D., Daiber, A., Faraci, F. M., Li, H., Rembold, C. M., & Laher, I. (2012). Free radical biology of the cardiovascular system. *Clinical Science* (London, England: 1979), 123(2), 73–91. https://doi.org/10.1042/CS20110562.

6. Colombo, M. L., & Bosisio, E. (1996). Pharmacological activities of *Chelidonium majus* L. (Papaveraceae). *Pharmacological Research*, 33(2), 127–134. https://doi.org/10.1006/phrs.1996.0019.

7. Daenen, K., Andries, A., Mekahli, D., Van Schepdael, A., Jouret, F., & Bammens, B. (2019). Oxidative stress in chronic kidney disease. Pediatric Nephrology (Berlin, Germany), 34(6), 975–991. https://doi.org/10.1007/s00467-018-4005-4.

8. Dubinina, E. E., Burmistrov, S. O., Khodov, D. A., & Porotov, I. G. (1995). Okislitel'naia modifikatsiia belkov syvorotki krovi cheloveka, metod ee opredeleniia [Oxidative modification of human serum proteins. A method of determining it]. Voprosy Meditsinskoi Khimii, 41(1), 24–26. [in Russian].

9. Galaktionova, L. P., Molchanov, A. V., El'chaninova, S. A., & Varshavskiĭ, B. I.a (1998). Sostoianie perekisnogo okisleniia u bol'nykh s iazvennoĭ bolezn'iu zheludka i dvenadtsatiperstnoĭ kishki [Lipid peroxidation in patients with gastric and duodenal peptic ulcers]. *Klinicheskaia Laboratornaia Diagnostika*, (6), 10–14. [in Russian].

10. Gilca, M., Gaman, L., Panait, E., Stoian, I., & Atanasiu, V. (2010). Chelidonium majus – an integrative review: traditional knowledge versus modern findings. *Complementary Medicine Research* 17(5), 241–248. https://doi.org/10.1159/000321397.

11. Huang, G., Mei, X., & Hu, J. (2017). The Antioxidant Activities of Natural Polysaccharides. *Current Drug Targets*, 18(11), 1296–1300. https://doi.org/10.2174/1389450118666170123145357.

12. Jones, D. P. (2008). Radical-free biology of oxidative stress. American Journal of Physiology. *Cell Physiology*, 295(4), 849–C868. https://doi.org/10.1152/ajpcell.00283.2008.

13. Kamyshnikov, V. S. (2004). *A reference book on the clinic and biochemical researches and laboratory diagnostics*. MEDpress-inform, Moscow.

14. Koriem, K. M., Arbid, M. S., & Asaad, G. F. (2013). *Chelidonium majus* leaves methanol extract and its chelidonine alkaloid ingredient reduce cadmium-induced nephrotoxicity in rats. *Journal of Natural Medicines*, 67(1), 159–167. https://doi.org/10.1007/s11418-012-0667-6.

15. Levine, R. L., Garland, D., Oliver, C. N., Amici, A., Climent, I., Lenz, A. G., Ahn, B. W., Shaltiel, S., & Stadtman, E. R. (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods in enzymology*, 186, 464–478. https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86141-h.

16. Li, W., Huang, H., Niu, X., Fan, T., Hu, H., Li, Y., Yao, H., Li, H., & Mu, Q. (2014). Tetrahydrocoptisine protects rats from LPS-induced acute lung injury. *Inflammation*, 37(6), 2106–2115. https://doi.org/10.1007/s10753-014-9945-7.

17. Liochev, S. I. (2013). Reactive oxygen species and the free radical theory of aging. *Free Radical Biology & Medicine*, 60, 1–4. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2013.02.011.

18. Locatelli, F., Canaud, B., Eckardt, K. U., Stenvinkel, P., Wanner, C., & Zoccali, C. (2003). Oxidative stress in end-stage renal disease: an emerging threat to patient outcome. *Nephrology, Dialysis, Transplantation*, 18(7), 1272–1280. https://doi.org/10.1093/ndt/gfg074.

19. Lu, W., Shi, Y., Wang, R., Su, D., Tang, M., Liu, Y., & Li, Z. (2021). Antioxidant Activity and Healthy Benefits of Natural Pigments in Fruits: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4945. https://doi.org/10.3390/ijms22094945.

20. Lushchak, V. I. (2016). Contaminant-induced oxidative stress in fish: a mechanistic approach. *Fish Physiology and Biochemistry*, 42(2), 711–747. https://doi.org/10.1007/s10695-015-0171-5.

21. Mazzanti, G., Di Sotto, A., Franchitto, A., Mammola, C. L., Mariani, P., Mastrangelo, S., Menniti-Ippolito, F., & Vitalone, A. (2009). *Chelidonium majus* is not hepatotoxic in Wistar rats, in a 4 weeks feeding experiment. *Journal of Ethnopharmacology*, 126(3), 518–524. https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.09.004.

22. Mikołajczak, P. Ł., Kędzia, B., Ożarowski, M., Kujawski, R., Bogacz, A., Bartkowiak-Wieczorek, J., Białas, W., Gryszczyńska, A., Buchwald, W., Szulc, M., Wasiak, N., Górska-Paukszta, M., Baraniak, J., Czerny, B., & Seremak-Mrozikiewicz, A. (2015). Evaluation of anti-inflammatory and analgesic activities of extracts from herb of *Chelidonium majus* L. *Central-European Journal of Immunology*, 40(4), 400–410. https://doi.org/10.5114/ceji.2015.54607.

23. Moon, J. K., & Shibamoto, T. (2009). Antioxidant assays for plant and food components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1655–1666. https://doi.org/10.1021/jf803537k.

24. Neha, K., Haider, M. R., Pathak, A., & Yar, M. S. (2019). Medicinal prospects of antioxidants: A review. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 178, 687–704. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.06.010.

25. Nile, S. H., Wang, H., Nile, A., Lin, X., Dong, H., Venkidasamy, B., Sieniawska, E., Enkhtaivan, G., & Kai, G. (2021). Comparative analysis of metabolic variations, antioxidant potential and cytotoxic effects in different parts of *Chelidonium majus* L. *Food and Chemical Toxicology*, 156, 112483. https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112483.

26. Park, J. E., Cuong, T. D., Hung, T. M., Lee, I., Na, M., Kim, J. C., Ryoo, S., Lee, J. H., Choi, J. S., Woo, M. H., & Min, B. S. (2011). Alkaloids from *Chelidonium majus* and their inhibitory effects on LPS-induced NO production in RAW264.7 cells. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 21(23), 6960–6963. https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2011.09.128.

27. Parveen, A., Akash, M. S., Rehman, K., & Kyunn, W. W. (2016). Recent Investigations for Discovery of Natural Antioxidants: A Comprehensive Review. Critical Reviews in Eukaryotic Gene Expression, 26(2), 143–160. https://doi.org/10.1615/CritRevEukaryotGeneExpr.2016015974.

28. Petruk, G., Del Giudice, R., Rigano, M. M., & Monti, D. M. (2018). Antioxidants from Plants Protect against Skin Photoaging. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 1454936. https://doi.org/10.1155/2018/1454936.

29. Pisoschi, A. M., Pop, A., Cimpeanu, C., & Predoi, G. (2016). Antioxidant Capacity Determination in Plants and Plant-Derived Products: A Review. *Oxidative*

Medicine and Cellular Longevity, 2016, 9130976. https://doi.org/10.1155/2016/9130976

30. Pryor, W. A., Houk, K. N., Foote, C. S., Fukuto, J. M., Ignarro, L. J., Squadrito, G. L., & Davies, K. J. (2006). Free radical biology and medicine: it's a gas, man!. American Journal of Physiology. *Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 291(3), R491–R511. https://doi.org/10.1152/ajpregu.00614.2005.

31. Schieber, M., & Chandel, N. S. (2014). ROS function in redox signaling and oxidative stress. *Current Biology*, 24(10), R453–R462. https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.03.034.

32. Stefanowski, N., Tkachenko, H., & Kurhaluk, N. (2021). Effects of extracts derived from roots and stems of *Chelidonium majus* L. on oxidative stress biomarkers in the model of equine plasma. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health, and Life Quality*, 5(2), 197–208. https://doi.org/10.15414/ainhlq.2021.0018.

33. Stefanowski, N., Tkachenko, H., & Kurhaluk, N. (2021). Biomarkers of oxidative stress in the blood of rainbow trout after *in vitro* treatment by extracts derived from *Chelidonium majus* L. In *Youth and Progress of Biology*: Abstracts of XVII International Scientific Conference for Students and Ph.D. Students (Lviv, April 19–21, 2021). – Lviv: LLC Romus-Poligraf, 2021. – P. 69-70.

34. Stefanowski, N., Tkachenko, H., & Kurhaluk, N. (2021). Oxidatively modified proteins in the erythrocyte suspension of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) after treatment with extracts derived from roots and stalks of *Chelidonium majus* L. In: *Medicinal Herbs: from Past Experience to New Technologies*: Proceedings of Ninth International Scientific and Practical Conference; June, 29-30, 2021, Poltava State Agricultural Academy, Poltava, Ukraine. – P. 161-166. http://doi.org/ 10.5281/zenodo.5541344.

35. Stefanowski, N., Tkachenko, H., Kurhaluk, N., & Aksonov, I. (2021). Biomarkers of oxidative stress in the muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) after *in vitro* treatment by extracts derived from stalks and roots of greater celandine (*Chelidonium majus* L.). *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN– Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine*, Kharkov, 126, 4–14. https://doi.org/10.32900/2312-8402-2021-126-4-14.

36. Tripathi, R., Gupta, R., Sahu, M., Srivastava, D., Das, A., Ambasta, R. K., & Kumar, P. (2022). Free radical biology in neurological manifestations: mechanisms to therapeutics interventions. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(41), 62160–62207. https://doi.org/10.1007/s11356-021-16693-2.

37. Warowicka, A., Qasem, B., Dera-Szymanowska, A., Wołuń-Cholewa, M., Florczak, P., Horst, N., Napierała, M., Szymanowski, K., Popenda, Ł., Bartkowiak, G., Florek, E., Goździcka-Józefiak, A., & Młynarz, P. (2021). Effect of Protoberberine-Rich Fraction of *Chelidonium majus* L. on Endometriosis Regression. *Pharmaceutics*. 13(7), 931. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13070931.

38. Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*. 4th ed., Prentice Hall Inc., New Jersey.

39. Zielińska, S., Jezierska-Domaradzka, A., Wójciak-Kosior, M., Sowa, I., Junka, A., & Matkowski, A. M. (2018). Greater Celandine's Ups and Downs-21 Centuries of Medicinal Uses of *Chelidonium majus* From the Viewpoint of Today's Pharmacology. *Frontiers in Pharmacology*, 9, 299. https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00299.

40. Zou, C., Lv, C., Wang, Y., Cao, C., & Zhang, G. (2017). Larvicidal activity and insecticidal mechanism of *Chelidonium majus* on *Lymantria dispar*. Pesticide Biochemistry and Physiology, 142, 123–132. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.04.009.

ДОЗОЗАЛЕЖНІ ЗМІНИ БІОМАРКЕРІВ ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ ТА БІЛКІВ У М'ЯЗОВІЙ ТКАНИНІ РАЙДУЖНОЇ ФОРЕЛІ (ONCORHYNCHUS MYKISS WALBAUM) ПІСЛЯ ІНКУБАЦІЇ IN VITRO З ЕКСТРАКТАМИ ЧИСТОТІЛУ ВЕЛИКОГО (CHELIDONIUM MAJUS L.)

Стефановський Н., Ткаченко Г., Кургалюк Н., Інститут біології та наук про Землю, Поморська Академія в Слупську, Польща

Аксьонов Є., Інститут тваринництва НААН, Україна

Відповідно до наших попередніх досліджень, ми продовжуємо оцінювати антиоксидантний потенціал представників родини Papaveraceae, зібраних у північній частині Польщі, на моделі м'язової тканини райдужної форелі. Тому у цьому дослідженні, для оцінки антиоксидантної активності екстрактів чистотілу великого використовували біомаркери окиснювального стресу [реактивні речовини, які взаємодіють з 2-тіобарбітуровою кислотою (TBARS), альдегідні та кетонові похідні окиснювально-модифікованих білків (OMP) та загальна антиоксидантна активність (TAC)]. У дослідженні використовували екстракти, отримані з стебел і коренів чистотілу великого (Chelidonium majus L., CM) у кінцевій дозі 5 мг/мл, 2,5 мг/мл, 1,25 мг/мл та 0,63 мг/мл. У цьому дослідженні in vitro використовували гомогенат м'язової тканини, отриманих з форелі. Як позитивний контроль використовували фосфатний буфер. Після інкубації суміші при 25°C протягом 120 хв при безперервному перемішуванні, проби використовували для біохімічних досліджень. Наші дослідження показали, що застосування екстрактів у кінцевій дозі 5 мг/мл та 2,5 мг/мл призводило до статистично істотного підвищення рівня біомаркерів перекисного окиснення ліпідів (рівня TBARS) у м'язовій тканині райдужної форелі. Кінцева доза екстракту 1,25 мг/мл викликала статистично істотне підвищення рівнів альдегідних і кетонових похідних OMP, що відображалося при вимірюванні рівнів TAC. З іншого боку, використання екстрактів у кінцевій дозі 0,63 мг/мл, отриманих як з коренів, так і зі стебел CM, призвело до статистично істотного зниження рівнів TBARS, а також альдегідних та кетонових похідних OMP у м'язовій тканині райдужної форелі після інкубації in vitro. Порівняння цих результатів показало, що екстракти CM можуть ефективно інгібувати продукцію окиснювально модифікованих білків шляхом поглинання вільних радикалів. Швидше за все, за цей ефект відповідальні вторинні метаболіти CM, тобто поліфеноли. Скринінг видів родини Papaveraceae на інші види біологічної активності, у тому числі антиоксидантної, має важливе значення і може бути ефективним при пошуку профілактичних заходів у патогенезі деяких захворювань, а також при профілактиці та лікуванні деяких патологічних порушень у ветеринарії та медицині.

Ключові слова: райдужна форель (Oncorhynchus mykiss Walbaum), м'язова тканина, окиснювальний стрес, реактивні речовини, що взаємодіють з 2-тіобарбітуровою кислотою (TBARS), альдегідні та кетонові похідні окиснювально-модифікованих білків (OMP).

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-36-45
UDC 577.1: 577.112.4: 577.115.4: 639.2: 615.322

ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF COMMERCIALLY AVAILABLE CAYEPUT ESSENTIAL OIL AGAINST DIFFERENT GRAM-POSITIVE AND GRAM-NEGATIVE BACTERIA

Stefanowski N., student, https://orcid.org/ 0000-0002-3285-6036
Tkachenko H., Doctor of Biological Sciences
https://orcid.org/0000-0003-3951-9005
Kurhaluk N., Doctor of Biological Sciences
https://orcid.org/0000-0002-4669-1092
Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Poland
Opryshko M., researcher https://orcid.org/0000-0001-5048-4961
Gyrenko O., Ph.D., https://orcid.org/0000-0003-3296-3787
Maryniuk M., researcher, https://orcid.org/0000-0003-2590-448X
Buyun L., Doctor of Biological Sciences
https://orcid.org/0000-0002-9158-6451
M. M. Gryshko National Botanic Garden, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Essential oil and leaf extracts of Melaleuca leucadendra L. demonstrated a series of biological activities of interest, including antioxidant, antimicrobial, antitumoral and anti-inflammatory properties. The aim of the current study was an in vitro evaluation of the antimicrobial activity of the cajeput essential oil against Gram-negative strains such as Escherichia coli (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™), Escherichia coli (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™), Pseudomonas aeruginosa (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™) and Gram-positive strains such as Staphylococcus aureus subsp. aureus Rosenbach (ATCC® 29213™), Staphylococcus aureus subsp. aureus Rosenbach (ATCC® 25923™), methicillin-resistant (MRSA), mecA positive Staphylococcus aureus (NCTC® 12493), Enterococcus faecalis (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 51299™) (resistant to vancomycin; sensitive to teicoplanin) and Enterococcus faecalis (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 29212™) to assess the possible use of this oil in preventing infections caused by these pathogens. The cajeput essential oil was provided by Polish essential oil manufacturers (Bamer®, Włocławek, Poland). Antimicrobial susceptibility of the tested strains was performed by the Kirby-Bauer disc diffusion method. Our research has shown that cajeput essential oil exhibits antibacterial properties. Gram-positive bacteria were the most susceptible to commercial cajeput oil, which may indicate that the active biological substances in cajeput essential oil (including phenolic acids, tannins, etc.) may be potential agents against bacterial infections. Among Gram-negative bacteria, only Pseudomonas aeruginosa (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™) strain was resistant to the cajeput essential oil. We did not observe statistically significant changes in the zone of growth inhibition after the application of cajeput essential oil compared to the control samples (96% ethanol). Our study may suggest that the use of cajeput essential oil may be helpful for a wide range of bacterial infections in veterinary, aquaculture, medicine, and beyond.

Keywords: **cajeput essential oil, antibacterial properties, Gram-negative/positive bacterial strains, Kirby-Bauer disc diffusion method.**

Antibiotics have always been considered one of the wonder discoveries of the 20th century. The extraordinary genetic capacities of microbes have benefitted from animal's overuse of antibiotics to exploit every source of resistance genes and every means of horizontal gene transmission to develop multiple mechanisms of resistance for each and every antibiotic introduced into practice clinically, agriculturally, or otherwise [26]. The origin of antibiotic resistance genes now possessed by animal pathogens can be traced back to environmental microorganisms [17]. Consequently, ecological connectivity, founder effect, and fitness costs are important bottlenecks that modulate the transfer of resistance from environmental microorganisms to pathogens [10, 27]. Knowing the general principles involved in the acquisition of antibiotic resistance is therefore of interest to clinicians, biologists, ecologists, etc. The origin of antibiotic resistance genes now possessed by animal pathogens can be traced back to environmental microorganisms [15]. Consequently, a full understanding of antibiotic resistance requires the study of natural environments, as well as clinical environments. Now it is to look for alternatives in veterinary medicine tied to antibiotic resistance, among other things [13].

In recent years there has been an increasing interest in the use of natural substances, and some questions concerning the safety of synthetic compounds have encouraged more detailed studies of plant resources [20]. Plant secondary metabolites are antimicrobial host defense substances expressed in all higher plants. Performing a significant role in plants, they display potent activity against a wide range of pathogens. Plant extracts contain large amounts of bioactive compounds, mainly polyphenols. Polyphenols inhibit the growth of microorganisms, especially bacteria. Their mechanism of action is still not fully understood but may be related to their chemical structure [29]. They can cause morphological changes in microorganisms, damage bacterial cell walls, and influence biofilm formation. Polyphenols also influence protein biosynthesis, change metabolic processes in bacteria cells and inhibit ATP and DNA synthesis (suppressing DNA gyrase) [3, 6, 28].

Essential oils, odorous and volatile products of plant secondary metabolism, have a wide application in folk and traditional medicine, veterinary, food flavoring, and preservation as well as in fragrance industries. The antimicrobial properties of essential oils have been known for many centuries. In recent years, a large number of essential oils and their constituents have been investigated for their antimicrobial properties against some bacteria and fungi in more than 500 reports [16, 23]. The interest in using natural antimicrobials instead of chemical preservatives in food products has been increasing in recent years. In regard to this, essential oils-natural and liquid secondary plant metabolites are gaining importance for their use in the protection of foods, since they are accepted as safe and healthy. Although research studies indicate that the antibacterial and antioxidant activities of essential oils are more common compared to other biological activities, specific concerns have led scientists to investigate the areas that are still in need of research [9, 11]. Also, the use of essential oils in the control of veterinary ectoparasites, such as a range of arthropod ectoparasites, particularly lice, mites, and ticks, is an area that holds considerable potential for the future, and research into their use is still at an early stage [7].

Melaleuca leucadendra (L.) L. (Myrtaceae), commonly known as the paperbark tree, is widespread in Australia, Southeast Asia, New Guinea, and the Torres Strait Islands. Historically, various preparations from the bark, leaves, and fruits of this species have been used in folk medicine as tranquilizers, sedatives, painkillers, and in the treatment of various skin disorders [22]. Essential oil and extracts derived from leaves of *M. leucadendra* demonstrated a series of biological activities of interest, including antioxidant, antimicrobial, antitumoral, and anti-inflammatory properties [8, 12, 14, 22]. Phe-

nolic acids, tannins, and flavonoids have been identified as the main ones responsible for the biological effects described for this species [5, 19].

In the current study, *in vitro* antimicrobial profiling of commercial Cajeput essential oil derived from leaves of *M. leucadendra* (Natural essential oil – Cajeput Bamer®) was performed, exhibiting inhibitory activity against Gram-negative strains such as *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™), *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™) and Gram-positive strains such as *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 29213™), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 25923™), methicillin-resistant (MRSA), mecA positive *Staphylococcus aureus* (NCTC® 12493), *Enterococcus faecalis* (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 51299™) (resistant to vancomycin; sensitive to teicoplanin) and *Enterococcus faecalis* (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 29212™).

Materials and Methods. ***Cajeput essential oil.*** The cajeput EO was provided by Polish essential oil manufacturers (Bamer®, Włocławek, Poland). The investigated sample did not contain additives or solvents and was confirmed to be natural by the manufacturers. The samples were stored in resalable vials at 5°C in the dark but were allowed to adjust to room temperature prior to investigation. Geographical origins were excluded as information was mostly not available. Product description: Natural essential oil – Cajeput Bamer®. The highest quality, pure, natural essential oil, obtained from fresh leaves and twigs of the cajeput tree (*Melaleuca leucadendra* Leaf Oil). Laboratory tested.

About the manufacturer: Bamer® has been offering 100% natural, pure essential oils and fragrance compositions since 1993. Application studies on patients conducted at the Medical Academy confirmed the effectiveness of Bamer® oils in aromatherapy and cosmetics. The products are not tested on animals. Safety assessments, numerous certificates and approvals, compliance with the latest pharmacopoeia Ph.Eur. and IFRA, positive opinion of the National Institute of Hygiene guarantee the highest pharmaceutical and cosmetic quality of oils. Bamer® oils have been submitted to the European Commission via CPNP (Cosmetic Products Notification Portal). Bamer® essential oils are certified by the National Institute of Hygiene, IFRA and laboratory analyses.

Determination of the antibacterial activity of plant extracts by the disk diffusion method. The testing of the antibacterial activity of lavender EO was carried out *in vitro* by the Kirby-Bauer disc diffusion technique [4]. In the current study, Gram-negative strains such as *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™), *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™) and Gram-positive strains such as *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 29213™), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 25923™), methicillin-resistant (MRSA), mecA positive *Staphylococcus aureus* (NCTC® 12493), *Enterococcus faecalis* (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 51299™) (resistant to vancomycin; sensitive to teicoplanin) and *Enterococcus faecalis* (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 29212™) were used.

The strains were inoculated onto Mueller-Hinton (MH) agar dishes. Sterile filter paper discs impregnated with cajeput EO were applied over each of the culture dishes. Isolates of bacteria with lavender EO were then incubated at 37 °C for 24 h. The Petri dishes were then observed for the zone of inhibition produced by the antibacterial activity of cajeput EO. A control disc impregnated with 96% ethanol was used in each experiment. At the end of the 24-h period, the inhibition zones formed were measured in millimetres using the vernier. For each strain, eight replicates were assayed (n = 8).

The Petri dishes were observed and photographs were taken. The susceptibility of the test organisms to the cajeput EO was indicated by a clear zone of inhibition around the discs containing the cajeput EO and the diameter of the clear zone was taken as an indicator of susceptibility. Zone diameters were determined and averaged. The following zone diameter criteria were used to assign susceptibility or resistance of bacteria to the phytochemicals tested: Susceptible (S) ≥ 15 mm, Intermediate (I) = 10–15 mm, and Resistant (R) ≤ 10 mm [18, 24].

Statistical analysis. Zone diameters were determined and averaged. Statistical analysis of the data obtained was performed by employing the mean ± standard error of the mean (S.E.M.). All variables were randomized according to the phytochemical activity of the cajeput EO tested. All statistical calculation was performed on separate data from each strain. The data were analyzed using a one-way analysis of variance (ANOVA) using Statistica v.13.3 software (TIBCO Software Inc., Krakow, Poland) [30].

Results and discussion. The results of the current study revealed that cajeput essential oil (EO) resulted in a statistically significant increase in the diameters of the zone inhibition against *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™) strain (by 130.5%, $p < 0.05$) compared to the control samples (18.49 ± 0.79 mm *vs*. 8.02 ± 0.61 mm). We obtained similar results after *in vitro* application of cajeput EO against *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™), where we also observed a statistically significant increase in the diameters of zone inhibition (by 131.9%, $p < 0.05$) compared to the control samples (16.23 ± 0.88 mm *vs*. 7 ± 0.64 mm). We recorded a statistically significant increase in the diameters of zone inhibition against *Enterococcus faecalis* (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 51299™) and *Enterococcus faecalis* (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 29212™) strains after exposure with cajeput EO compared to 96% ethanol (by 111, 3%, $p < 0.05$ and 84.4%, $p < 0.05$), i.e. (15.91 ± 0.91 mm *vs*. 7.53 ± 0.6 mm; 15.08 ± 0.62 mm *vs*. 8.18 ± 0.55 mm) (Fig. 1).

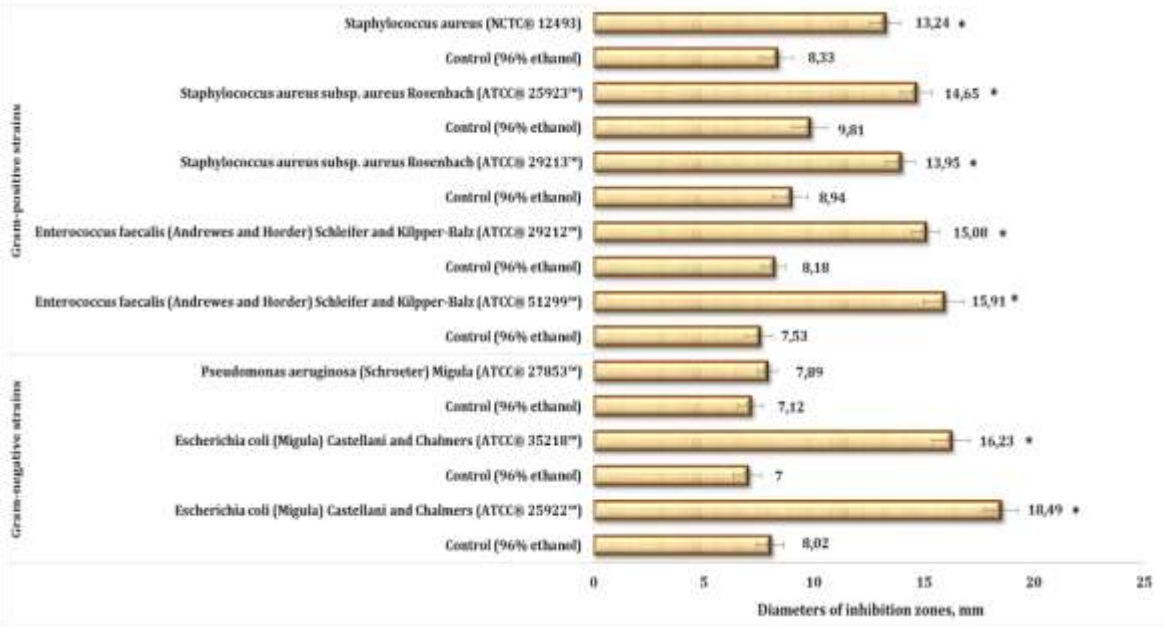


Fig. 1. The antibacterial activity induced by cajeput essential oil estimated as diameters of growth inhibition zones of examined Gram-positive and Gram-negative strains.

The data were presented as the mean ± the standard error of the mean (S.E.M.).

* denote significant differences between the control (96% ethanol) and cajeput EO ($p < 0.05$).

We observed a statistically significant increase in the diameters of zone inhibition of the *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 29213™) strain (by 56%, $p < 0.05$) compared to the control samples (13.95 ± 0.65 mm *vs*. 8.94 ± 0.79 mm). Similar results were obtained after the application of cajeput EO against *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 25923™) and *Staphylococcus aureus* (NCTC® 12493) strains, where we recorded a statistically significant increase in the diameters of zone inhibition of pathogenic bacteria (by 49.3%, $p < 0.05$ and 58.9%, $p < 0.05$, respectively) compared to 96% ethanol (14.65 ± 0.71 mm *vs*. 9.81 ± 0.77 mm; 13.24 ± 0.69 mm *vs*. 8.33 ± 0.74 mm). Also, a similar, but not statistically significant, increase in the diameters of zone inhibition was observed after *in vitro* application of cajeput EO against *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™) strain (by 10.8%, $p > 0.05$) against 96% alcohol (7.89 ± 0.44 mm *vs*. 7.12 ± 0.56 mm) (Figures 1 and 2).

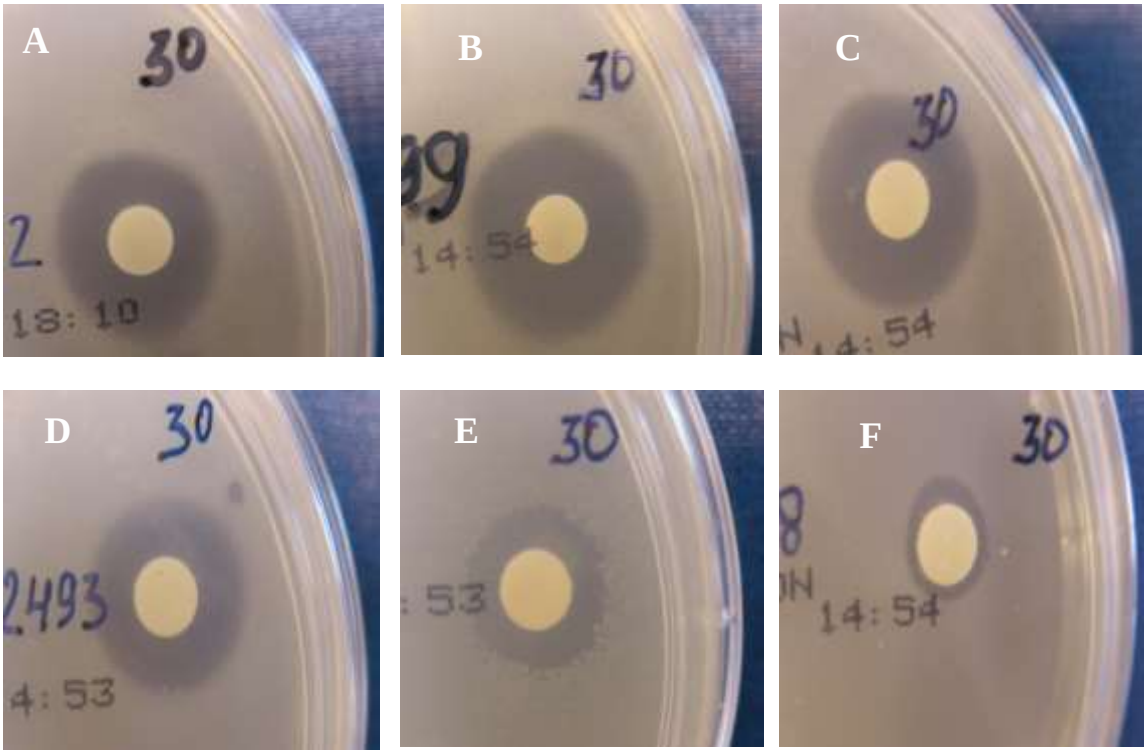


Fig. 2. Inhibition growth zones induced by cajeput essential oil against *Enterococcus faecalis* (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 29212™) (A), *Enterococcus faecalis* (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 51299™) (B), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* Rosenbach (ATCC® 29213™) (C), *Staphylococcus aureus* (NCTC® 12493) (D), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 25922™) (E), *Escherichia coli* (Migula) Castellani and Chalmers (ATCC® 35218™) (F).

Thus, the results of our study revealed that cajeput essential oil was effective against *E. coli* strains, resulting in the highest increase in diameters of zone inhibition. More resistant to the cajeput essential oil was *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™) strain, exhibiting the lowest growth inhibition (Figs 1 and 2).

Similar results according to the antibacterial activity of cajeput essential oil and extracts derived from *M. leucadendra* were obtained by other researchers. For example, in the study of Valdés and co-workers [25], extensive *in vitro* antimicrobial profiling

was performed for three medicinal plants grown in Cuba, namely *Simarouba glauca* DC., *Melaleuca leucadendron* and *Artemisia absinthium* L. Ethanolic extracts were tested for their antiprotozoal potential against *Trypanosoma b. brucei*, *Trypanosoma cruzi*, *Leishmania infantum*, and *Plasmodium falciparum*. Antifungal activities were evaluated against *Microsporum canis* and *Candida albicans* whereas *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* were used as test organisms for antibacterial activity. Cytotoxicity was assessed against MRC-5 cells. According to these authors, only *M. leucadendron* extract exhibited selective activity against microorganisms tested. Although *S. glauca* exhibited strong activity against all protozoa, it must be considered non-specific [25].

Abu Bacar and co-workers [1] have evaluated *Melaleuca cajuputi* essential oil in aerosol spray against the dengue vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* at low-cost housing flats in Setapak, Kuala Lumpur, Malaysia. They sprayed 5% and 10% of concentrations for 5 seconds each towards hung mosquitoes in 5 cylindrical net cages. Aerosol weights were recorded before and after spraying to determine discharge rates. High knockdown and mortality were observed in both species of mosquitoes towards MS standard aerosol. There was a significant difference in mortality and knockdown between 5% and 10% of essential oil aerosol and 5% and 10% of essential oil between MS standards. For 5% essential oil, the mean percentage (%) of knockdown and mortality of *Ae. aegypti* displayed slightly higher compared to *Ae. albopictus*. Spraying with 5% *M. cajuputi* essential oil aerosol indicated a knockdown of *Ae. aegypti* 5.60 ± 1.18 and mortality of 22.90 ± 4.22, while *Ae. albopictus* showed 4.60 ± 0.89 knockdown and 20.00 ± 2.85 mortality. The 10% essential oil concentration gave 23.60 ± 1.68 knockdown and 48.05 ± 0.37 mortality for *Ae. aegypti*. *Ae. albopictus* gave 23.00 ± 3.16 knockdown and 44.20 ± 2.10 mortality, respectively [1].

M. cajuputi extracts also possess antioxidant and antibacterial activities. The results of Al-Abd and co-workers [2] revealed that both flower and leaf extracts had significant antioxidant and free radical-scavenging activity. Well diffusion, minimum inhibitory concentration, and minimum bactericidal concentration assays were used to determine antibacterial activity against eight pathogens, namely *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Salmonella typhimurium*, *Klebsiella pneumonia*, *Streptococcus pneumoniae*, and *Pasteurella multocida*. The antibacterial assay of the extracts revealed no inhibition zones with the Gram-negative bacteria tested. However, the extracts demonstrated activity against *B. cereus*, *S. aureus*, and *S. epidermidis* [2].

Schelkle and co-workers [21] have evaluated the efficacy of commercially available products such as Melafix® and Pimafix® against Gyrodactylus turnbulli infections in guppies Poecilia reticulata. Melafix® and Pimafix® are formulated with the essential oils cajuput (*Melaleuca cajuputi*) and West Indian bay (*Pimenta racemosa*) and are marketed against bacterial and fungal infections, respectively. Previous experiments showed high efficacy of emulsified cajuput oil against gyrodactylids; the current study tested Melafix® and Pimafix® and their individual compounds against *Gyrodactylus turnbulli* infecting the guppies *Poecilia reticulata*. In particular, a combination treatment of Melafix® and Pimafix® was highly effective at reducing *in vitro* survival of parasites from 15 to 2 h and eradicating 95% of gyrodactylids *in vivo*. The unexpected high efficacy of this combination treatment is likely explained by the high content of terpenes and phenol propanoids in the cajuput and West Indian bay oils, as well as the anti-helminthic properties of the emulsifier Crovol PK 70. Hence, Melafix® and Pimafix® effectively reduce gyrodactylid burdens on fish, increasing the chances of efficient disease control in ornamental fish [21].

Antioxidant and anti-inflammatory activities of the butanol extract of *M. leucadendron* were evaluated by Surh and Yun [22]. These researchers examined the effects of *M. leucadendron* extracts on oxidative stress and inflammation. *M. leucadendron* was extracted with methanol (MeOH) and then fractionated with chloroform ($CHCl_3$) and butanol (BuOH). The antioxidant activity of the MeOH extract and BuOH fraction was higher than that of both α-tocopherol and butyrated hydroxytoluene (BHT). Total phenol content in the extracts of *M. leucadendron*, especially the BuOH fraction, is well correlated with antioxidant activity. The anti-inflammatory activity of BuOH extracts was investigated by lipopolysaccharide (LPS)-induced nitric oxide (NO) and prostaglandin E2 (PGE2) production, and cyclooxygenase-2 (COX-2) expression in RAW 264.7 macrophages. The BuOH fraction significantly inhibited LPS-induced NO and PGE2 production. Furthermore, the BuOH extract of *M. leucadendron* inhibited the expression of COX-2 and iNOS protein without an appreciable cytotoxic effect on RAW264.7 cells. The extract of *M. leucadendron* also suppressed the phosphorylation of inhibitor κBα (IκBα) and its degradation associated with nuclear factor-κB (NF-κB) activation. Furthermore, BuOH fraction inhibited LPS-induced NF-κB transcriptional activity in a dose-dependent manner. These results suggested that *M. leucadendron* could be useful as a natural anti-oxidant and anti-inflammatory resource [22].

Conclusions. Our research has shown that cajeput essential oil exhibits antibacterial properties. Gram-positive bacteria were the most susceptible to this oil, which may indicate that the active substances in cajeput essential oil (including phenolic acids, tannins, etc.) may be potential agents against bacterial infections. Among the Gram-negative bacteria, only strain *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™) was resistant to the cajeput essential oil. We did not observe statistically significant changes in the diameters of growth inhibition after the application of cajeput essential oil compared to the control samples (96% ethanol). Our study may suggest that the use of cajeput essential oil may be helpful for a wide range of bacterial infections in veterinary, aquaculture, medicine, and beyond.

References

1. Abu Bakar, A., Sulaiman, S., Omar, B., & Mat Ali, R. (2012). Evaluation of *Melaleuca cajuputi* (Family: Myrtaceae) Essential Oil in Aerosol Spray Cans against Dengue Vectors in Low Cost Housing Flats. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*, 6(1), 28–35.

2. Al-Abd, N. M., Mohamed Nor, Z., Mansor, M., Azhar, F., Hasan, M. S., & Kassim, M. (2015). Antioxidant, antibacterial activity, and phytochemical characterization of *Melaleuca cajuputi* extract. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15, 385. https://doi.org/10.1186/s12906-015-0914-y.

3. Álvarez-Martínez, F. J., Barrajón-Catalán, E., Encinar, J. A., Rodríguez-Díaz, J. C., & Micol, V. (2020). Antimicrobial Capacity of Plant Polyphenols against Gram-positive Bacteria: A Comprehensive Review. *Current Medicinal Chemistry*, 27(15), 2576–2606. https://doi.org/10.2174/0929867325666181008115650.

4. Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493–496.

5. Bianchini Silva, L. S., Perasoli, F. B., Carvalho, K. V., Vieira, K. M., Paz Lopes, M. T., Bianco de Souza, G. H., Henrique Dos Santos, O. D., & Freitas, K. M. (2020). *Melaleuca leucadendron* (L.) L. flower extract exhibits antioxidant and photoprotective activities in human keratinocytes exposed to ultraviolet B radiation. *Free Radical Biology & Medicine*, 159, 54–65. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.

2020.07.022.

6. Coppo, E., & Marchese, A. (2014). Antibacterial activity of polyphenols. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 15(4), 380–390. https://doi.org/10.2174/1389201015041408251211 42.

7. Ellse, L., & Wall, R. (2014). The use of essential oils in veterinary ectoparasite control: a review. *Medical and Veterinary Entomology*, 28(3), 233–243. https://doi.org/10.1111/mve.12033.

8. Farag, R. S., Shalaby, A. S., El-Baroty, G. A., Ibrahim, N. A., Ali, M. A., & Hassan, E. M. (2004). Chemical and biological evaluation of the essential oils of different *Melaleuca* species. Phytotherapy Research: PTR, 18(1), 30–35. https://doi.org/10.1002/ptr.1348.

9. Freires, I. A., Denny, C., Benso, B., de Alencar, S. M., & Rosalen, P. L. (2015). Antibacterial Activity of Essential Oils and Their Isolated Constituents against Cariogenic Bacteria: A Systematic Review. *Molecules* (Basel, Switzerland), 20(4), 7329–7358. https://doi.org/10.3390/molecules20047329.

10. Hall, C. W., & Mah, T. F. (2017). Molecular mechanisms of biofilm-based antibiotic resistance and tolerance in pathogenic bacteria. *FEMS Microbiology Reviews*, 41(3), 276–301. https://doi.org/10.1093/femsre/fux010.

11. Kalemba, D., & Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. Current Medicinal Chemistry, 10(10), 813–829. https://doi.org/10.2174/0929867033457719.

12. Lohakachornpan, P., & Rangsipanuratn W. (2001). Chemical compositions and antimicrobial activities of essential oil from *Melaleuca leucadendron* var. *minor*. *Thai J. Pharm. Sci*., 25, 133–139.

13. Martinez J. L. (2014). General principles of antibiotic resistance in bacteria. Drug discovery today. *Technologies*, 11, 33–39. https://doi.org/10.1016/j.ddtec.2014.02.001.

14. Monzote, L., Scherbakov, A. M., Scull, R., Satyal, P., Cos, P., Shchekotikhin, A. E., Gille, L., & Setzer, W. N. (2020). Essential Oil from *Melaleuca leucadendra*: Antimicrobial, Antikinetoplastid, Antiproliferative and Cytotoxic Assessment. *Molecules* (Basel, Switzerland), 25(23), 5514. https://doi.org/10.3390/molecules25235514.

15. Munita, J. M., & Arias, C. A. (2016). Mechanisms of Antibiotic Resistance. *Microbiology Spectrum*, 4(2), 10.1128/microbiolspec.VMBF-0016-2015. https://doi.org/10.1128/microbiolspec.VMBF-0016-2015.

16. Mutlu-Ingok, A., Devecioglu, D., Dikmetas, D. N., Karbancioglu-Guler, F., & Capanoglu, E. (2020). Antibacterial, Antifungal, Antimycotoxigenic, and Antioxidant Activities of Essential Oils: An Updated Review. *Molecules* (Basel, Switzerland), 25(20), 4711. https://doi.org/10.3390/molecules25204711.

17. North, O. I., & Brown, E. D. (2021). Phage-antibiotic combinations: a promising approach to constrain resistance evolution in bacteria. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1496(1), 23–34. https://doi.org/10.1111/nyas.14533.

18. Okoth, D.A., Chenia, H.Y., Koorbanally, N.A. (2013). Antibacterial and antioxidant activities of flavonoids from *Lannea alata* (Engl.) Engl. (*Anacardiaceae*). Phytochemistry Letters, 6, 476–481. https://doi.org/10.1016/j.phytol.2013.06.003.

19. Saifudin, A., Lallo, S. A., & Tezuka, Y. (2016). The Potent Inhibitors of Protein Tyrosine Phosphatase 1B from the Fruits of *Melaleuca leucadendron*. *Pharmacognosy Research*, 8(Suppl. 1), S38–S41. https://doi.org/10.4103/0974-8490.178644.

20. Sathoff, A. E., & Samac, D. A. (2019). Antibacterial Activity of Plant Defensins. Molecular Plant-Microbe Interactions: MPMI, 32(5), 507–514.

https://doi.org/10.1094/MPMI-08-18-0229-CR.

21. Schelkle, B., Snellgrove, D., Jones, L. L., & Cable, J. (2015). Efficacy of commercially available products against *Gyrodactylus turnbulli* infections on guppies *Poecilia reticulata*. Diseases of Aquatic Organisms, 115(2), 129–137. https://doi.org/10.3354/dao02886.

22. Surh, J., & Yun, J. M. (2012). Antioxidant and Anti-inflammatory Activities of Butanol Extract of *Melaleuca leucadendron* L. *Preventive Nutrition and Food Science,* 17(1), 22–28. https://doi.org/10.3746/pnf.2012.17.1.022.

23. Tariq, S., Wani, S., Rasool, W., Shafi, K., Bhat, M. A., Prabhakar, A., Shalla, A. H., & Rather, M. A. (2019). A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens. *Microbial Pathogenesis*, 134, 103580. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103580.

24. Truchan, M., Tkachenko, H., Buyun, L., Kurhaluk, N., Góralczyk, A., Tomin, W., Osadowski, Z. (2019). Antimicrobial Activities of Three Commercial Essential Oils Derived from Plants Belonging to Family *Pinaceae*. Agrobiodiversity for Improving Nutrition. *Health, and Life Quality*, (3), 111-126. https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.111-126.

25. Valdés, A. F., Martínez, J. M., Lizama, R. S., Vermeersch, M., Cos, P., & Maes, L. (2008). In vitro anti-microbial activity of the Cuban medicinal plants *Simarouba glauca* DC, *Melaleuca leucadendron* L and *Artemisia absinthium* L. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 103(6), 615–618. https://doi.org/10.1590/s0074-02762008000600019.

26. Waglechner, N., & Wright, G. D. (2017). Antibiotic resistance: it's bad, but why isn't it worse? *BMC Biology*, 15(1), 84. https://doi.org/10.1186/s12915-017-0423-1.

27. Wencewicz T. A. (2019). Crossroads of Antibiotic Resistance and Biosynthesis. *Journal of Molecular Biology*, 431(18), 3370–3399. https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.06.033.

28. Wu, Q., & Zhou, J. (2021). The application of polyphenols in food preservation. Advances in Food and Nutrition Research, 98, 35–99. https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.02.005.

29. Zacchino, S. A., Butassi, E., Liberto, M. D., Raimondi, M., Postigo, A., & Sortino, M. (2017). Plant phenolics and terpenoids as adjuvants of antibacterial and antifungal drugs. Phytomedicine: *International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 37, 27–48. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2017.10.018.

30. Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*. 4th ed., Prentice Hall Inc., New Jersey.

АНТИБАКТЕРІАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМЕРЦІЙНОЇ КАЄПУТОВОЇ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ ВІДНОСНО РІЗНИХ ГРАМ-ПОЗИТИВНИХ І ГРАМ-НЕГАТИВНИХ БАКТЕРІЙ

Стефановський Н., Ткаченко Г., Кургалюк Н., Інститут біології та наук про Землю, Поморська Академія в Слупську, Польща

Опришко М., Гиренко О., Маринюк М., Буюн Л., Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України, Київ, Україна

Ефірна олія та екстракти листя Melaleuca leucadendra L. продемонстрували ряд біологічних активностей, включаючи антиоксидантні, протимікробні, протипухлинні та протизапальні властивості. Метою цього дослідження була оцінка in vitro протимікробної активності каєпутової ефірної олії щодо грам-негативних штамів, таких як Escherichia coli (Migula) Castellani

та Chalmers (ATCC® 25922™), Escherichia coli (Migula) Castellani та Chalmers. (ATCC® 35218™), Pseudomonas aeruginosa (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™) та грам-позитивних штамів, таких як Staphylococcus aureus subsp. aureus Rosenbach (ATCC 29213), Staphylococcus aureus subsp. aureus Rosenbach (ATCC® 25923™), метицилін-резистентного (MRSA), mecA-позитивного Staphylococcus aureus (NCTC® 12493), Enterococcus faecalis (Andrewes and Horder) Schleifer and Kilpper-Balz (ATCC® 51299™) (стійкий до ванкоміцину; чутливий до тейкопланіну) та Enterococcus faecalis (Andrewes and Horder) Schleifer и Kilpper-Balz (ATCC® 29212™) для оцінки можливого використання цієї олії для профілактики інфекцій, викликаних цими патогенами. Каєпутова ефірна олія була надана польськими виробниками ефірних олій (Bamer®, Влоцлавек, Польща). Антимікробну чутливість штамів визначали методом дискової дифузії. Наші дослідження показали, що каєпутова ефірна олія проявляє антибактеріальні властивості. Грам-позитивні бактерії були найбільш чутливими до дії каєпутової олії, що може вказувати на те, що біологічні активні речовини в цій олії (включаючи фенольні кислоти, дубильні речовини тощо) можуть бути потенційними речовинами щодо лікування та профілактики бактеріальних інфекцій. Серед грам-негативних бактерій, тільки штам Pseudomonas aeruginosa (Schroeter) Migula (ATCC® 27853™) був стійкий до каєпутової ефірної олії. У цьому випадку, ми не спостерігали статистично істотних змін у зоні затримки росту після застосування ефірної олії порівняно з контрольними зразками (96% етанол). Наше дослідження може свідчити про те, що використання каєпутової ефірної олії може бути корисним у терапії та профілактиці широкого спектру бактеріальних інфекцій у ветеринарії, аквакультурі, медицині та інших галузях.

Ключові слова: каєпутова ефірна олія, антибактерійні властивості, грам-негативні та грам-позитивні штами бактерій, диско-дифузійний метод Кірбі-Бауера.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-45-60
UDC 639.3.05: 639.3.09: 57.047: 577.126

ORAL VACCINATION AGAINST *YERSINIA RUCKERI:* OXIDATIVE STRESS BIOMARKERS IN THE GILLS OF RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM)

Tkachenko H., Doctor of Biological Sci., https://orcid.org/0000-0003-3951-9005
Kurhaluk N., Doctor of Biological Sci., https://orcid.org/0000-0002-4669-1092
Institute of Biology and Earth Sci., Pomeranian University in Słupsk, Poland
Grudniewska J., Ph.D. https://orcid.org/0000-0002-4272-8337
Department of Salmonid Research, Stanislaw Sakowicz Inland Fisheries Institute, Żukowo, Poland
Pękala-Safińska A., Doctor of Biological Sci., https://orcid.org/0000-0002-5515-8329
Department of Preclinical Sciences and Infectious Diseases,
Poznań University of Life Sciences, Poland

The aim of this study was to assess the effect of oral vaccination against Yersinia ruckeri based on oxidative stress biomarkers in the gills of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbaum). The vaccine consisted of three Y. ruckeri strains (O1 serotype) that originated from rainbow trout cultured on different farms, where fish ex-

hibited clinical signs of enteric redmouth disease. The concentrated vaccine was incorporated into the fish food; treatment was delivered three times at one-day intervals. Two months after immunization, gills were sampled. The vaccination against Y. ruckeri resulted in non-significant changes in TBARS level as lipid peroxidation marker, aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins level in the gills of trout at the second month after immunization against Y. ruckeri. A significant decrease in superoxide dismutase activity (by 36%, p = 0.002) compared to untreated controls occurred. The alterations in markers of oxidative stress suggest that antioxidant defenses may contribute to the balance between oxidative modification of proteins and antioxidant defenses in the gills of trout vaccinated against Y. ruckeri. We did not find any alterations in the gills after 60 days of immunization. This is likely a result of long-term adaptation to immunization. Understanding the role of oxidative stress in the tissues of vaccinated trout has important implications for the understanding of the complex physiological changes that occur in immunization and also for improving aquaculture practices to maximize tissue growth and health of vaccinated trout. The oxidative stress biomarkers in the gills were sensitive to vaccination against Y. ruckeri and may potentially be used as biomarkers in evaluating vaccine toxicity in rainbow trout. From a practical point of view, the results may be useful in relation to studies of infections and the development, administration, and uptake of new vaccines applicable to large amounts of fish.

Keywords: **rainbow trout *Oncorhynchus mykiss, Yersinia ruckeri,* immunization, oxidative stress, antioxidant defense, gills.**

Yersinia ruckeri is a ubiquitous pathogen of finfish capable of causing major mortalities in farmed fish stocks [13]. This bacterium is the aetiological agent of enteric redmouth (ERM) disease of farmed salmonids [29]. The causative agent, a Gram-negative enteric bacterium, which was first isolated in the Hagerman Valley, Idaho, USA, in the early 1950s, was described fully by Ross and co-workers [36] and defined as a new species, *Y. ruckeri*, in 1978 [10]. *Y. ruckeri* is a member of the family *Enterobacteriaceae* within the gamma-proteobacteria subdivision. Generally of coccoid-rod cell morphology, *Y. ruckeri* cells are slightly curved, 1.0 μm in diameter and 2-3 μm in length, though culture for 48 h or longer results in long filamentous cells [2]. It can be transmitted vertically from parent to progeny as well as horizontally in the water column from both clinically infected fish and asymptomatic carriers and is consequently capable of infecting fish at the early stages of development [13].

The disease gets its name from subcutaneous hemorrhages, which can cause at the corners of the mouth and in the gums and tongue. Other clinical signs include exophthalmia, darkening of the skin, splenomegaly, and inflammation of the lower intestine with an accumulation of thick yellow fluid. The bacterium enters the fish via the secondary gill lamellae and from there it spreads to the blood and internal organs (Kumar et al., 2015). Infected fish and asymptomatic carriers are the main sources of the infection, spreading bacteria with feces. Gills are regarded as the entry route of *Y. ruckeri* rods but the likelihood of the disease depends on the virulence of the given strain. Characteristic clinical signs of yersiniosis, such as hemorrhages around the oral cavity, are caused by extracellular products (ECPs) of *Y. ruckeri* [31].

Vaccination, or immunoprophylaxis, is based on the principle that when a foreign organism, such as a bacterium or virus, invades its hosts, the animal's immune response reacts against it in an attempt to remove it. If the fish is re-exposed to the same organism, the immune response is primed to respond against it. This is referred to as a memory response or adaptive immunity. Vaccination mimics the invasion of pathogens

and primes the animals' immune systems for a re-encounter with the pathogen without causing disease [39]. Yersiniosis is successfully controlled with commercial vaccines and in fact, represents one of the first diseases to be controlled by vaccination. Most vaccines are bacterin preparations using whole-cell preparations of serovar 1 (the Hagerman strain and the major cause of disease outbreaks). Bacteria are generally inactivated with formalin and sometimes pH lysed at pH 9.8 to expose internal cell components [39]. The success of the vaccine has been reported to be variable under field conditions and often does not completely prevent disease outbreaks when the level of infection is high, as seen when fish are stressed [18]. Clearly, a greater understanding of the fish response against *Y. ruckeri* and during vaccination against yersiniosis would help improve this situation.

Vaccination plays an important role in protecting salmonids against the bacterial pathogen *Y. ruckeri*. ERM is traditionally associated with rainbow trout [29]. Vaccination of rainbow trout against ERM by immersion in *Y. ruckeri* bacterin confers a high degree of protection to the fish [35]. ERM has been controlled successfully using immersion-applied bacterin vaccines for several decades [44]. Oral administration is "the ideal method" for administering vaccines to fish whereby the vaccine is incorporated into fish feed. It is less labor intensive than injection and immersion and is suitable for vaccinating large numbers of fish of all sizes. It avoids the handling stress experienced by the fish with the other two methods. The major disadvantage of this route of administration is that lower levels of protection are achieved and the duration of protection elicited is shorter [39].

Reactive oxygen species (ROS) production contributes to the elimination of pathogens and induces the activation of immune defense mechanisms [30]. However, excessive ROS formation can induce oxidative stress, leading to cell damage and cell death may follow [32]. ROS comprise both free radical and non-free radical oxygen-containing molecules such as hydrogen peroxide (H_2O_2), superoxide ($O_2^{\cdot-}$), singlet oxygen ($^1O_2$), and the hydroxyl radical ($\cdot OH$) [32]. Lipid peroxidation of polyunsaturated lipids is a preferred method for marking oxidative stress levels [34]. The product of lipid peroxidation, malondialdehyde, is easily detected in blood/plasma and has been used as a measure of oxidative stress [34]. In addition, the unsaturated aldehydes produced from these reactions have been implicated in the modification of cellular proteins and other constituents [26]. The oxidative modification of proteins by ROS is implicated in the etiology or progression of diseases [24]. An increase in the rate of their production or a decrease in their rate of scavenging will increase the oxidative modification of cellular molecules, including proteins, and will disrupt cellular function either by the loss of catalytic and structural integrity or by interruption of regulatory pathways [38]. For the most part, oxidatively modified proteins are not repaired and must be removed by proteolytic degradation, a process that normally proceeds very efficiently from microorganisms to mammals [24]. The level of these modified molecules can be quantitated by measurement of the protein carbonyl content. It is the most widely used marker of oxidative modification of proteins [5].

Therefore, exploring the effects of vaccination against *Y. ruckeri* on the health condition of trout in general and levels of oxidative stress biomarkers in different tissues would be of value. The present study aims to clarify the effects of vaccination against *Y. ruckeri* on gill function, as well as the oxidative mechanism underlying those effects, by detecting relevant lipid peroxidation and protein oxidation biomarkers as well as antioxidant defenses.

Materials and methods. Experimental animals. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) with a mean body mass of (107.9 ± 3.1) g were used in the experi-

ments. The study was carried out in the Department of Salmonid Research, Inland Fisheries Institute in Rutki (Poland). Experiments were performed at a water temperature of 14.5 ± 0.5°C and the pH was 7.5. The dissolved oxygen level was about 12 ppm with an additional oxygen supply with a water flow of 25 L per min, and a photoperiod of 12 hours per day. The fish were fed with a commercial pelleted diet at an optimal level, using 12-hour belt feeders for fish. The daily dose of feed is calculated in accordance with the applicable table feed [11]. All enzymatic assays were carried out at the Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Earth Sciences, Pomeranian University in Słupsk (Poland).

Experimental design. The fish were divided into two groups: I) control, and II) immunized by the vaccine against *Y. ruckeri*. Fish were held in 1000-L square tanks (150 fish per tank) in the same environmental conditions. The vaccine was produced in the Department of Fish Diseases, National Veterinary Research Institute in Puławy (Poland) according to the procedure covered by patent no. P.428259. The prepared vaccine at the concentration of $1 \cdot 10^9$ cells per mL was used to inoculate fish *per os*. Vaccine concentrate was added to fish feed and administered three times with one-day intervals between feedings. The fish were kept for 60 days after vaccination at a water temperature of 14.5 ± 0.5°C and a pH of 7.5. In our study, 15 rainbow trout from unhandled control and 15 vaccinated trout were used in the second month after immunization.

Sampling. The animals were captured and killed 61 days post-vaccination (n = 15 in each group). Gills were removed *in situ*. The organs were rinsed clear of blood with cold isolation buffer and homogenized using a glass homogenizer H500 with a motor-driven pestle immersed in an ice water bath to yield a homogenate in proportion 1:9 (weight/volume). The isolation buffer contained 100 mM tris-HCl; a pH of 7.2 was adjusted with HCl. Homogenates were centrifuged at 3,000 g for 15 min at 4°C. After centrifugation, the supernatant was collected and frozen at −25°C until analyzed. Protein contents were determined using the method of Bradford [3] with bovine serum albumin as a standard. Absorbance was recorded at 595 nm. All enzymatic assays were carried out at 22 ± 0.5°C using a Specol 11 spectrophotometer (Carl Zeiss Jena, Germany) in duplicate. The enzymatic reactions were started by the addition of the tissue supernatant. The specific assay conditions were as follows.

Oxidative stress biomarkers assay. ***Assay of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS).*** An aliquot of the homogenate was used to determine the lipid peroxidation status of the sample by measuring the concentration of 2-thiobarbituric-acid-reacting substances (TBARS), according to Kamyshnikov [19]. The absorbance of the supernatant was measured at 540 nm. TBARS values were reported as nmoles malonic dialdehyde (MDA) per mg protein.

Assay of carbonyl groups of the oxidatively modified protein. Carbonyl groups were measured as an indication of oxidative damage to proteins according to the method of Levine and co-workers (1990) in the modification of Dubinina co-workers [8]. Samples were incubated at room temperature for 1 h with 10 mM 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNTP) in 2M HCl. Blanks were run without DNTP. Afterward, proteins were precipitated with TCA and centrifuged for 20 min at 3,000 g. The protein pellet was washed three times with ethanol: ethyl acetate (1:1) and incubated at 37°C until complete resuspension. The carbonyl content could be measured spectrophotometrically at 370 nm (aldehydic derivatives, OMP_{370}) and at 430 nm (ketonic derivatives, OMP_{430}) (molar extinction coefficient 22,000 $M^{-1} \cdot cm^{-1}$) and expressed as nmol per mg protein.

Assay of superoxide dismutase activity. Superoxide dismutase (SOD, E.C. 1.15.1.1) activity was assessed by its ability to dismutate superoxide produced during

quercetin auto-oxidation in an alkaline medium (pH 10.0) using the method described by Kostiuk and co-workers [22]. The activity was expressed in units of SOD per mg of tissue protein.

Measurement of catalase activity. Catalase (CAT, E.C. 1.11.1.6) activity was determined by measuring the decrease of H_2O_2 in the reaction mixture using a spectrophotometer at the wavelength of 410 nm using the method described by Koroliuk and co-workers [21]. One unit of CAT activity was defined as the amount of enzyme required for the decomposition of 1 μmol H_2O_2 per min per mg of protein.

Measurement of glutathione reductase activity. Glutathione reductase (GR, EC 1.6.4.2) activity in the sample was measured according to the method described by Glatzle and co-workers [14] with some modifications. The enzymatic activity was assayed spectrophotometrically by measuring $NADPH_2$ consumption. In the presence of GSSG and $NADPH_2$, GR reduces GSSG and oxidizes $NADPH_2$, resulting in a decrease in the absorbance at 340 nm. The rate of $NADPH_2$ oxidation was measured spectrophotometrically at 340 nm. Quantification was performed based on a molar extinction coefficient of 6.22 $mM^{-1} \cdot cm^{-1}$ of $NADPH_2$. The GR activity was expressed as μmol of $NADPH_2$ per min per mg of protein.

Assay of glutathione peroxidase activity. Glutathione peroxidase (GPx, EC 1.11.1.9) activity was determined by detecting the nonenzymatic utilization of GSH (the reacting substrate) at an absorbance of 412 nm after incubation with 5,5-dithiobis-2-nitrobenzoic acid (DTNB) according to the method of Moin [27]. The rate of GSH reduction was measured spectrophotometrically at 412 nm. Glutathione peroxidase activity was expressed as μmol GSH per min per mg of protein.

Assay of total antioxidant capacity (TAC). The TAC level was estimated spectrophotometrically at 532 nm following the method with Tween 80 oxidation [12] TAC level was expressed in %.

Statistical analysis. Data were presented as the mean ± S.E.M. and were checked for assumptions of normality using the Kolmogorov–Smirnov one-sample test and Lilliefors tests ($p > 0.05$). In order to find significant differences (significance level, $p<0.05$) between control and vaccinated groups, the Mann-Whitney *U* test was applied to the data [46]. Differences were considered significant at $p < 0.05$. The relationships between oxidative stress biomarkers of all individuals were evaluated using Spearman's correlation analysis. All statistical analysis was performed by STATISTICA 13.3 software (TIBCO Software Inc.).

Results. The level of lipid peroxidation in the gills of trout treated by vaccine did not significantly differ from that in the controls (Fig. 1). The content of ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in the gills was non-significantly decreased in the group vaccinated against *Y. ruckeri* at second month compared to unhandled group (Fig. 1). The aldehydic derivatives of OMB in gill tissue of fish treated by the vaccine against *Y. ruckeri* at 61 days after immunization was non-significant higher compared to unhandled control (Fig. 1).

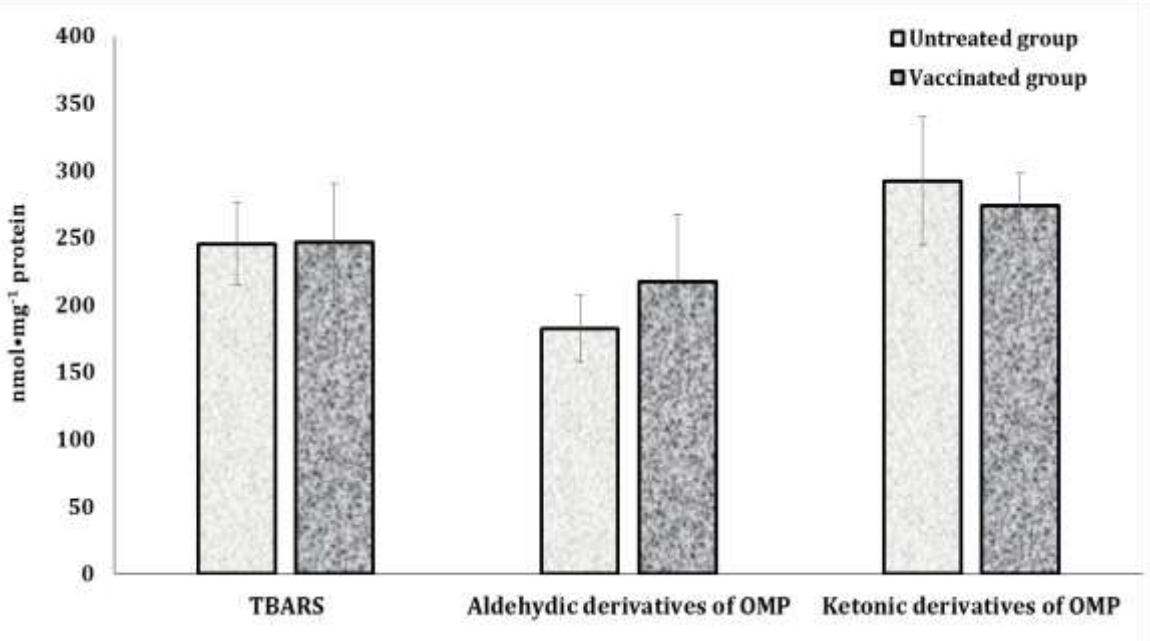


Fig. 1. The level of lipid peroxidation (nmol TBARS·mg^{-1} protein), aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins (nmol·mg^{-1} protein) in the gills of the trout treated by the vaccine against *Y. ruckeri* at second months after immunization. Data are represented as mean ± S.E.M. (n = 15).

Antioxidant defense in the gills of the trout treated by the vaccine against *Y. ruckeri* in the second months after immunization is shown in Table 1. No statistically significant alterations in the activities of antioxidant defenses instead SOD activity in the gill tissue of the trout treated with the vaccine against *Y. ruckeri* in the second months after immunization were not observed (Table 1). The SOD activity was decreased by 36% ($p = 0.002$) after immunization. A non-significant increase in TAC level in the gills of the trout treated with the vaccine against *Y. ruckeri* in the second month after immunization was found (Table 1).

Table 1

The activity of antioxidant enzymes and total antioxidant capacity (TAC) in the gills of the trout treated with the vaccine against *Y. ruckeri* in the second month after immunization

Activity of antioxidant enzymes	Untreated group	Group treated by the vaccine against *Y. ruckeri*
SOD, U·mg^{-1} protein	453.16 ± 47.97	290.85 ± 10.13*
Catalase, μmol H_2O_2·min^{-1}·mg^{-1} protein	128.67 ± 11.14	176.78 ± 19.80
GR, μmol $NADPH_2$·min^{-1}·mg^{-1} protein	67.99 ± 13.50	53.05 ± 7.11
GPx, μmol GSH·min^{-1}·mg^{-1} protein	153.90 ± 13.84	135.86 ± 4.72
TAC, %	4.68 ± 0.51	7.76 ± 1.03

Values expressed as mean ± S.E.M. (n = 15); * – see Fig. 1.

Several correlations between checked parameters were found (Fig. 2). In the vaccinated group, aldehydic derivatives of OMP correlated positively with catalase ac-

tivity (r = 0.828, p = 0.002). The ketonic derivatives of OMP also correlated positively with catalase activity (r = 0.684, p = 0.020) (Fig. 2).

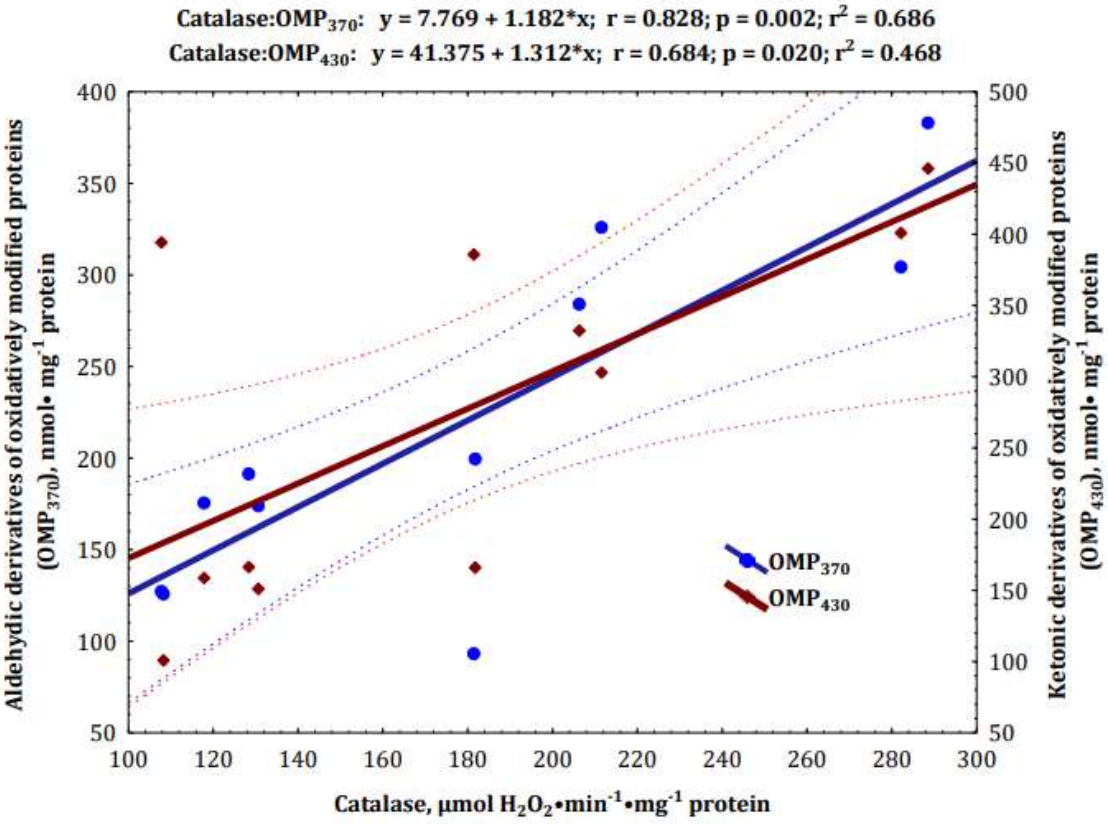


Fig. 2. Correlations between oxidative stress biomarkers in the liver of the trout treated by the vaccine against Y. ruckeri at second months after immunization.

In the present study, the most widely used and accepted markers were utilized to demonstrate the existence of oxidative stress in the gill tissue (TBARS as a marker of lipid peroxidation, aldehydic and ketonic derivatives of OMP, antioxidant defenses, and the total antioxidant capacity). In this study, our results clearly demonstrate that immunization with the anti-*Yersinia* vaccine does not alter the gills of rainbow trout. Oxidative stress parameters were examined in gills homogenate and lipid peroxidation as measured by the amount of TBARS, as well as aldehydic and ketonic derivatives of OMP, were non-significantly altered ($p > 0.05$) in the gills of vaccine-treated fish (Fig. 1). All these culminated in the decrease of SOD activity, while the total antioxidant capacity in the gills at second month after vaccination was increased (Table 1).

In summary, the findings described in the present study allow the conclusion that immunization by anti-*Yersinia* vaccine does not alter oxidative stress markers compared to unhandled control in the second month after immunization. We also have shown that antioxidant defense makes it possible to avoid the cellular lesions that cause the anti-*Yersinia* vaccine. Correlative analysis between protein oxidatively modification biomarkers and catalase activity confirm our conclusions (Fig. 2). From a broader perspective, it is suggested that immunization of fish by anti-*Yersinia* vaccine is associated with the induced free radical formation and oxidative stress. Free radicals would, therefore, be at least partially responsible for immunity with humoral and cellular elements and increased protective immunity against *Y. ruckeri* infection.

In our previous study, we assessed the influence of vaccination against enteric redmouth disease on oxidative stress biomarkers and antioxidant defense in the muscle tissue of rainbow trout vaccinated against *Y. ruckeri* in the first and second months after immunization. No significant difference was noted in lipid peroxidation level in either the first or second month after vaccination, while aldehydic and ketonic derivatives of OMB in the vaccinated group were significantly lower in the second month compared to those in the first month after vaccination ($P < 0.05$). The content of ketonic derivatives of OMB in muscles in the first month after immunization was higher compared to the untreated control. All these culminated in a depletion of GPx activity and a low level of TAC. Correlations between catalase activity and lipid peroxidation and TAC confirmed the pivotal role of catalase in antioxidant defense during immunization. From a broader perspective, it is suggested that immunization of fish with the *Yersinia* vaccine is associated with the induced free radical formation and oxidative stress. Free radicals would, therefore, be at least partially responsible for the induction of both humoral and cellular elements of immunity and increased protective immunity against *Y. ruckeri* infection [40, 41].

Moreover, a statistically significant reduction in lipid peroxidation between the mean in groups immunized after the first and second months after vaccination indicated effective adaptive antioxidant defense mechanisms of fish for the immunity against *Y. ruckeri*. A similar reduction of lipid peroxidation between the mean in the control group of fish after the first and second months of the study was observed. Reducing aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in the liver of vaccinated trout after two months after immunization was caused by a high antioxidant capacity of the liver. Activation of proteolytic degradation of the modified amino acid residues may be one reason for the reduction of oxidatively modified derivatives resulting from adaptation to the immunization. A high level of total antioxidant capacity in the liver of individuals from control and immunized groups in the second month after vaccination indicated the powerful adaptability of the liver, helping defend against oxidative stress induced by immunization. The increased aspartate aminotransferases activity in the liver of individuals from control and immunized groups in the second month was noted. Activation of aminotransferases indicates the metabolic transformations of proteins and carbohydrates. The significant decrease in the lactate concentration and lactate dehydrogenase activity in hepatic tissue reflects the dynamic alterations in aerobic-anaerobic and aerobic metabolism as well as in the total energy supply. A significant decrease in the lactate level in hepatic tissue in the second month of the study both in the control and immunized groups indicates the proper functioning of the mechanisms of metabolic activity in the long-term effects of the vaccination. The decrease of pyruvate and lactate levels in hepatic tissue both in control and immunized groups in the second month after vaccination confirms the high adaptive capacity of the liver in compensation for metabolic alterations occurring as a result of immunization. Correlative dependence between levels of oxidative stress markers and metabolites in the liver of rainbow trout immunized with the vaccine against *Y. ruckeri* in the first and second months after vaccination confirms the important role of metabolites and enzymes of energy transformation in the liver as the response to oxidative stress caused by immunization against *Y. ruckeri*. Our results confirm that the vaccine against *Y. ruckeri* has no adverse effect on the condition and metabolism in the liver of the fish. Metabolic alterations recorded in our study is proof that the vaccine against *Y. ruckeri* has no negative effects [43].

To determine the effects of vaccination against *Y. ruckeri* on health condition of rainbow trout in general, and oxidative stress biomarkers and metabolic parameters specifically, as well as to identify mechanisms that underpin the susceptibility of fish to

vaccination, we compared the liver and heart function, and the oxidative mechanism underlying those effects, by detecting relevant lipid peroxidation and protein oxidation biomarkers, as well as aerobic-anaerobic metabolism in trout immunized against *Y. ruckeri* at 30 days post-vaccination and healthy individuals. In our study, hepatic aminotransferases activities were positively associated with the oxidative stress biomarkers in the trout vaccinated against *Y. ruckeri*. Moreover, similar associations were observed in the cardiac tissue of the immunized trout. Decreased aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins and the reduction of aminotransferases and lactate dehydrogenase activities were sensitive to vaccination of trout against *Y. ruckeri* and may potentially be used as biomarkers in evaluating vaccine effects in the liver of rainbow trout. Understanding the role of biochemical changes in the tissues of vaccinated trout has important implications for the understanding of the complex physiological changes that occur in immunization but also for improving aquaculture practices to maximize tissues growth and health of vaccinated trout [42].

Non-specific and specific immune responses of fish against *Y. ruckeri* strains have been studied extensively [23]. A key hallmark of the vertebrate adaptive immune system is the generation of antigen-specific antibodies from B cells. Fish are the most primitive gnathostomes (jawed vertebrates) possessing an adaptive immune system. The immune mechanisms responsible for protection may comprise both cellular and humoral elements [35]. For example, both O-antigen and formalin-inactivated *Y. ruckeri* cells induced an immune response in rainbow trout, producing peak levels of antibody in the spleen at 14 days post-exposure and overall maximum titer at 28 days post-exposure. The neutrophil and macrophage responses that accompany inflammation in the peritoneal cavity of rainbow trout were studied by Afonso and co-workers [1]. Intraperitoneal injection of casein, Incomplete Freund's Adjuvant (IFA) and live or formalin-killed *Y. ruckeri* resulted in a rapid influx of neutrophils, peaking at 24 to 48 h post-injection and reaching values, in the case of live bacteria, 500x those in the resting, unstimulated peritoneal cavity. Peritoneal macrophages also increased, but the response was slower (peak at 5 d) and with more modest increases in number (7.5x). When *Y. ruckeri* was injected into resting peritoneal cavities, bacteria were ingested by the resident macrophages. When the bacteria were injected into cavities with high numbers of neutrophils (due to the previous injection of casein), more neutrophils than macrophages contained bacteria. Results show that the macrophages are the resident phagocytes of the peritoneal cavity of trout, while neutrophils are present in that body cavity in significant numbers only in situations of inflammation and only as long as the inflammation persists [1].

Recent discoveries suggest the production of specific antibodies against *Y. ruckeri* may play a role in protection against disease. The significant increase in plasma antibody titers following immersion vaccination and significantly reduced mortality during *Y. ruckeri* challenge was demonstrated in a study by Raida and co-workers [35]. Rainbow trout were immersion-vaccinated, using either a commercial ERM vaccine (AquaVac™ ERM vet) or an experimental *Y. ruckeri* bacterin. Half of the trout vaccinated with AquaVac™ ERM vet received an oral booster (AquaVac™ ERM Oral vet). Sub-groups of the fish from each group were subsequently exposed to 1×10^9 CFU *Y. ruckeri*/ml either eight or twenty-six weeks post-vaccination. All vaccinated groups showed 0% mortality when challenged, which was highly significant compared to the non-vaccinated controls (40 and 28% mortality in eight and twenty-six weeks post-vaccination, respectively). Plasma samples from all groups of vaccinated fish were taken 0, 4, 8, 12, 16, and 26 weeks post-vaccination and *Y. ruckeri*-specific IgM antibody levels were measured with ELISA. A significant increase in titers was recorded in vaccinated fish, which also showed reduced bacteremia during the challenge. *In vitro* plas-

ma studies showed a significantly increased bactericidal effect of fresh plasma from vaccinated fish indicating that plasma proteins may play a role in the protection of vaccinated rainbow trout [35].

Harun and co-workers [16] have suggested that different types of adaptive responses are ongoing within the vaccinated fish during infection with *Y. ruckeri*, potentially affected by the site and stage of infection. The bacterial burden in the spleen, the spleen index, and the expression profiles of pro- and anti-inflammatory cytokines and marker genes for T helper (Th) cells in the spleen and gills were analyzed, in comparison to the profiles in naïve/challenged fish. As expected, the bacterial burden in the spleen of naïve fish increased over time and was correlated with the spleen index after *Y. ruckeri* challenge. The gene expression data showed that pro-inflammatory cytokines were up-regulated post-infection in the spleen of both naïve and vaccinated fish after *Y. ruckeri* challenge although the pro-inflammatory cytokine expression was much lower in vaccinated fish compared to the naïve fish. A correlated expression between pro-inflammatory cytokines and anti-inflammatory cytokines was only seen in the spleen of ERM-vaccinated fish, where a Th1-like response was indicated by the correlated gene expression of IFN-γ, T-β, and IL-2. In contrast, in the gills, the inflammatory gene response was enhanced in vaccinated fish compared to naïve fish, but perhaps, more importantly, there was a strong up-regulation of IL-22 which was negatively correlated with IFN-γ gene expression at this site [16].

Chettri and co-workers [4] have investigated the immune response of rainbow trout larvae and fry at an early stage of development against the bacterial pathogen *Y. ruckeri*. Gene expression studies showed an up-regulation of iNOS and IL-22 in infected larvae 24h post-exposure but most of the investigated genes did not show any difference between infected and uninfected larvae. Immuno-histochemical studies demonstrated a high expression of IgT molecules in gills and CD8-positive cells in the thymus of both infected and uninfected larvae. Infection of rainbow trout fry with *Y. ruckeri*, in contrast, induced cumulative mortality of 74%. A high expression of cytokines (IL-1β, TNF-α, IL-22, IL-8, and IL-10), acute phase proteins (SAA, hepcidin, transferrin, and precerebellin), complement factors (C3, C5 and factor B), antimicrobial peptide (cathelicidin-2) and iNOS was found in infected fry when compared to the uninfected control. IgT molecules and mannose-binding lectins in the gills of both infected and uninfected fry were detected by immunohistochemistry. The study indicated that early life stages (yolk-sac larvae), merely up-regulate a few genes and suggests a limited capacity of larvae to mount an immune response by gene regulation at the transcriptional level. It could be speculated that larvae may be covered by a protective shield of different immune factors providing protection against a broad range of pathogens. However, the increased susceptibility of older fry suggests that *Y. ruckeri* may utilize some of the immune elements to enter the naive fish. The up-regulation of iNOS and IL-22 in the infected larvae implicates an important role of these molecules in immune response at early developmental stages. A dense covering of surfaces of gill filaments by IgT antibody in the young fish suggests the role of this antibody as an innate immune factor at early developmental stages [4].

The findings of Evenhuis and Cleveland [9] demonstrated that measurable changes in immune gene expression occur in the intestine of rainbow trout following a bath challenge with *Y. ruckeri*. The innate immune molecules, SAA, IL-8, INF-γ, and TNF-α, as well as IgM, were up-regulated in intestinal tissue [9]. Wiens and Vallejo [45] have demonstrated that rainbow trout had a strong innate response following challenge with BT2 *Y. ruckeri* strain YRNC10 indicating that flagellin expression is not required for the production of a robust pro-inflammatory and acute-phase gene transcrip-

tion response. TNFα1 and IL1-β1 transcripts were increased by day 1 post-challenge, and on days 3, 5 and 7 maximal gene transcript up-regulation occurred at a threshold of approximately 64-256 CFU per mg spleen tissue following a primary challenge with biotype 2 *Y. ruckeri* strain YRNC10. Infection-induced robust SAA gene up-regulation that was significantly correlated with increased gene expression of IL-1β1 and TNFα1. *Y. ruckeri* infection induced modest changes in INF-γ and Mx-1 gene transcript abundance at intermediate or high challenge doses and the expression patterns of both genes were positively correlated with pro-inflammatory gene and acute-phase gene transcription patterns. TNF superfamily 13b (BAFF) gene expression was significantly down-regulated in response to infection on days 3, 5 and 7 at the highest challenge doses. The spleen somatic index was significantly increased on days 3, 5 and 7 post-infection and positively correlated with spleen colony forming units and abundance of gene transcripts SAA, TNFα1, and IL1-β1 [45].

The response of oxidative stress biomarkers in different tissues of fish is dependent on immune system activation and reactive oxygen species (ROS) generation due to respiratory burst in response to microbe recognition induced by vaccination. Paiva and Bozza [30] described the mechanisms by which ROS directly kill microbes or interfere with the immune response, the role of ROS in pathogenic viral, bacterial, and protozoan infections [30]. Phagocytes recognize microbes through many molecular patterns displayed by them and try to engulf them. Once a microbe is phagocytosed, the nature of the molecules recognized on the microbe's surface dictates the treatment enacted within the phagosome. Respiratory burst, a process by which NADPH oxidase generates ROS in response to microbe recognition, is a possible outcome of this process and helps to get rid of many microbes [30]. Once a pathogen is phagocytosed, it must subvert the respiratory burst, withstand its oxidative power, or escape the phagosome to survive [30]. Microbe recognition sets the immune system in motion, and ROS are produced not only in the phagocyte respiratory burst but also in other cell compartments, such as mitochondria, as intermediaries in many signal transduction pathways, such as leukocyte pattern recognition receptor (PRR) signaling. The generation of ROS is a prerequisite to the formation of neutrophil extracellular traps (NETs); is actively involved in the phagolysosomal formation and enzymatic degradation; autophagy; chemoattraction and inflammation; cell death of infection reservoirs; antigenic presentation, T-helper polarization, and lymphocyte proliferation; iron redistribution among tissues and cell compartment availability of iron [30].

The fish gill is the most physiologically diversified vertebrate organ, and its vasculature is the most intricate. Many of the anatomical characteristics of interlamellar vessels are strikingly similar to those of mammalian lymphatic capillaries, with the exception that interlamellar vessels are directly fed by arteriovenous-like anastomoses. It is likely that gill interlamellar and mammalian lymphatics are physiologically equivalent [28]. Small and large lymphocytes, macrophages, neutrophils, eosinophilic granulocytes, and antibody-secreting cells have been observed in the gill-associated lymphoid tissue of different fish species [37]. IgM+ cells (B-cells, plasma cells, and IgM-bearing macrophages) are very abundant in the stratified epithelium of the gill arch and filaments [15]. The study of dos Santos and co-workers (2001) strongly supports the importance of the route of immunization to locally stimulate antibody-secreting cells in gills and the importance that the gills might have in specific responses. In addition to the lymphoid tissue found within the gill lamellae, an interbranchial lymphoid tissue has been recently described in salmonids [17, 20]. Therefore, as the first-line encounter with antigens, the epithelium of the gills and intestines are important locations for immune

reactions. It is likely that these sites should display the first phylogenetic signs of immune cell compartmentalization [17].

Immunization against *Y. ruckeri* reported here might play an important role in vaccination-induced oxidative stress in the gills of trout due to phagocyte respiratory burst. ROS are used by the immune system as a weapon against pathogens (Paiva and Bozza, 2014). During the immune processes, the activation of phagocytes and/or the action of bacterial products with specific receptors are capable of promoting the assembly of the multicomponent flavoprotein NADPH oxidase, which catalyzes the production of high amounts of the superoxide anion radical ($O_2^{\cdot-}$). Under these particular circumstances, neutrophils and macrophages are recognized to produce superoxide free radicals and H_2O_2, which are essential for defense against phagocytized or invading microbes (Puertollano et al., 2011). Microbe recognition sets the immune system in motion, and ROS are produced not only in the phagocyte respiratory burst but also in other cell compartments, such as mitochondria, as intermediaries in many signal transduction pathways, such as leukocyte pattern recognition receptor (PRR) signaling. The generation of ROS is a prerequisite to the formation of mechanisms that promote microbe clearance, whereas others can potentially contribute to microbe persistence (Paiva and Bozza, 2014). At moderate concentrations, ROS play an important role as regulatory mediators in signaling processes. Many of the ROS-mediated responses actually protect the cells against oxidative stress and reestablish "redox homeostasis". At high concentrations, ROS are hazardous for cells and damage all major cellular constituents (Dröge, 2002).

Conclusions. In the current study, vaccination against *Y. ruckeri* results in non-significant changes of TBARS level as lipid peroxidation marker, aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins level in the gills of trout at the second month after immunization against *Y. ruckeri*, while a significant decrease in superoxide dismutase activity (by 36%, $p = 0.002$) compared to untreated control was occurred. The alterations in markers of oxidative stress and antioxidant defenses suggest that these enzymes may contribute to the balance between oxidative modification of proteins and antioxidant defenses in the gills of trout vaccinated against *Y. ruckeri*. We did not find any alterations in the gills after 60 days of immunization. This is likely a result of long-term adaptation to immunization.

Understanding the role of oxidative stress in the tissues of vaccinated trout has important implications for the understanding of the complex physiological changes that occur in immunization and also for improving aquaculture practices to maximize tissue growth and health of vaccinated trout. The oxidative stress biomarkers in the gills were sensitive for trout to vaccination against *Y. ruckeri* and may potentially be used as biomarkers in evaluating vaccine toxicity in rainbow trout. From a practical point of view, the results may be useful in relation to studies of infections and the development, administration, and uptake of new vaccines applicable to large amounts of fish.

References

1. Afonso, A., Lousada, S., Silva, J., Ellis, A. E., & Silva, M. T. (1998). Neutrophil and macrophage responses to inflammation in the peritoneal cavity of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. A light and electron microscopic cytochemical study. *Diseases of Aquatic Organisms*, 34(1), 27–37. https://doi.org/10.3354/dao034027.

2. Barnes, A. C. (2011). Enteric Redmouth Disease (ERM) (*Yersinia ruckeri*). In: Fish Diseases and Disorders, Volume 3: Viral, Bacterial and Fungal Infections, 2nd Ed., P.T.K. Woo, D.W. Bruno (Eds). MPG Books Group, UK.

3. Bradford M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248–254. https://doi.org/10.1006/abio.1976.9999.

4. Chettri, J. K., Raida, M. K., Kania, P. W., & Buchmann, K. (2012). Differential immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at early developmental stages (larvae and fry) against the bacterial pathogen *Yersinia ruckeri*. *Developmental and Comparative Immunology*, 36(2), 463–474. https://doi.org/10.1016/j.dci.2011.08.014.

5. Chevion, M., Berenshtein, E., & Stadtman, E. R. (2000). Human studies related to protein oxidation: protein carbonyl content as a marker of damage. Free Radical Research, 33 Suppl., S99–S108.

6. Dos Santos, N. M., Taverne-Thiele, J. J., Barnes, A. C., van Muiswinkel, W. B., Ellis, A. E., & Rombout, J. H. (2001). The gill is a major organ for antibody secreting cell production following direct immersion of sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) in a *Photobacterium damselae* ssp. piscicida bacterin: an ontogenetic study. *Fish & Shellfish Immunology*, 11(1), 65–74. https://doi.org/10.1006/fsim.2000.0295.

7. Dröge W. (2002). Free radicals in the physiological control of cell function. Physiological Reviews, 82(1), 47–95. https://doi.org/10.1152/physrev.00018.2001.

8. Dubinina, E. E., Burmistrov, S. O., Khodov, D. A., & Porotov, I. G. (1995). Okislitel'naia modifikatsiia belkov syvorotki krovi cheloveka, metod ee opredeleniia [Oxidative modification of human serum proteins. A method of determining it]. Voprosy Meditsinskoi Khimii, 41(1), 24–26. [in Russian].

9. Evenhuis, J. P., & Cleveland, B. M. (2012). Modulation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) intestinal immune gene expression following bacterial challenge. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 146(1), 8–17. https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2012.01.008.

10. Ewing, W. H., Ross, A. J., Brenner, D. J., & Fanning, G. R. (1978). *Yersinia ruckeri* sp. *nov.* redmouth (rm) bacterium. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 28(1), 37–44.

11. From, J., Rasmussen, G. (1984). A growth model, gastric evacuation, and body composition in rainbow trout, *Salmo gaidneri* Richardson 1836. Dana, 3, 61–139.

12. Galaktionova, L. P., Molchanov, A. V., El'chaninova, S. A., & Varshavskiĭ, B. I.a (1998). Sostoianie perekisnogo okisleniia u bol'nykh s iazvennoĭ bolezn'iu zheludka i dvenadtsatiperstnoĭ kishki [Lipid peroxidation in patients with gastric and duodenal peptic ulcers]. *Klinicheskaia laboratornaia diagnostika*, (6), 10–14. [in Russian].

13. Ghosh, B., Nguyen, T. D., Crosbie, P. B. B., Nowak, B. F., & Bridle, A. R. (2016). Oral vaccination of first-feeding Atlantic salmon, *Salmo salar* L., confers greater protection against yersiniosis than immersion vaccination. Vaccine, 34(5), 599–608. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.12.044.

14. Glatzle, D., Vuilleumier, J. P., Weber, F., & Decker, K. (1974). Glutathione reductase test with whole blood, a convenient procedure for the assessment of the riboflavin status in humans. *Experientia*, 30(6), 665–667. https://doi.org/10.1007/BF01921531.

15. Grove, S., Johansen, R., Reitan, L. J., & Press, C. M. (2006). Immune- and enzyme histochemical characterisation of leukocyte populations within lymphoid and mucosal tissues of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 20(5), 693–708. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2005.08.009.

16. Harun, N. O., Wang, T., & Secombes, C. J. (2011). Gene expression profiling in naïve and vaccinated rainbow trout after *Yersinia ruckeri* infection: insights into

the mechanisms of protection seen in vaccinated fish. Vaccine, 29(26), 4388–4399. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2011.04.003.

17. Haugarvoll, E., Bjerkås, I., Nowak, B. F., Hordvik, I., & Koppang, E. O. (2008). Identification and characterization of a novel intraepithelial lymphoid tissue in the gills of Atlantic salmon. *Journal of Anatomy*, 213(2), 202–209. https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2008.00943.x.

18. Horne, M. T., & Barnes, A. C. (1999). Enteric redmouth disease (*Yersinia ruckeri)*. In: Woo P.T.K. and Bruno D.W. (eds.), *Fish Diseases and Disorders*, Vol. 3. CAB International, pp. 456-477.

19. Kamyshnikov, V.S. (2004). A reference book on the clinic and biochemical researches and laboratory diagnostics, MEDpress-inform, Moscow [in Russian].

20. Koppang, E. O., Fischer, U., Moore, L., Tranulis, M. A., Dijkstra, J. M., Köllner, B., Aune, L., Jirillo, E., & Hordvik, I. (2010). Salmonid T cells assemble in the thymus, spleen and in novel interbranchial lymphoid tissue. *Journal of Anatomy*, 217(6), 728–739. https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2010.01305.x.

21. Koroliuk, M. A., Ivanova, L. I., Maĭorova, I. G., & Tokarev, V. E. (1988). Metod opredeleniia aktivnosti katalazy [A method of determining catalase activity]. *Laboratornoe Delo*, (1), 16–19. [in Russian].

22. Kostiuk, V. A., Potapovich, A. I., & Kovaleva, Z.hV. (1990). Prostoĭ i chuvstvitel'nyĭ metod opredeleniia aktivnosti superoksid- dismutazy, osnovannyĭ na reaktsii okisleniia kvertsetina [A simple and sensitive method of determination of superoxide dismutase activity based on the reaction of quercetin oxidation]. *Voprosy Meditsinskoi Khimii*, 36(2), 88–91. [in Russian].

23. Kumar, G., Menanteau-Ledouble, S., Saleh, M., & El-Matbouli, M. (2015). *Yersinia ruckeri*, the causative agent of enteric redmouth disease in fish. Veterinary Research, 46(1), 103. https://doi.org/10.1186/s13567-015-0238-4.

24. Levine, R. L. (2002). Carbonyl modified proteins in cellular regulation, aging, and disease. *Free Radical Biology & Medicine*, 32(9), 790–796. https://doi.org/10.1016/s0891-5849(02)00765-7.

25. Levine, R. L., Garland, D., Oliver, C. N., Amici, A., Climent, I., Lenz, A. G., Ahn, B. W., Shaltiel, S., & Stadtman, E. R. (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods in Enzymology*, 186, 464–478. https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86141-h.

26. Marnett, L. J. (2000). Oxyradicals and DNA damage. Carcinogenesis, 21(3), 361–370. https://doi.org/10.1093/carcin/21.3.361.

27. Moin, V. M. (1986). Prostoĭ i spetsificheskiĭ metod opredeleniia aktivnosti glutationperoksidazy v éritrotsitakh [A simple and specific method for determining glutathione peroxidase activity in erythrocytes]. *Laboratornoe Delo*, (12), 724–727. [in Russian].

28. Olson, K. R. (2002). Vascular anatomy of the fish gill. *The Journal of Experimental Zoology*, 293(3), 214–231. https://doi.org/10.1002/jez.10131.

29. Ormsby, M. J., Caws, T., Burchmore, R., Wallis, T., Verner-Jeffreys, D. W., & Davies, R. L. (2016). *Yersinia ruckeri* Isolates Recovered from Diseased Atlantic Salmon (*Salmo salar*) in Scotland Are More Diverse than Those from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Represent Distinct Subpopulations. *Applied and Environmental Microbiology*, 82(19), 5785–5794. https://doi.org/10.1128/AEM.01173-16.

30. Paiva, C. N., & Bozza, M. T. (2014). Are reactive oxygen species always detrimental to pathogens?. *Antioxidants & Redox Signaling*, 20(6), 1000–1037. https://doi.org/10.1089/ars.2013.5447.

31. Pękala, A., & Antychowicz, J. (2010). Yersiniosis of salmonids – epizootiology of the disease, methods of its elimination. *Medycyna Weterynaryjna*, 66(6), 374–377 (Article in Polish, Abstract in English).

32. Poljsak, B., Šuput, D., & Milisav, I. (2013). Achieving the balance between ROS and antioxidants: when to use the synthetic antioxidants. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2013, 956792. https://doi.org/10.1155/2013/956792.

33. Puertollano, M. A., Puertollano, E., de Cienfuegos, G. Á., & de Pablo, M. A. (2011). Dietary antioxidants: immunity and host defense. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 11(14), 1752–1766. https://doi.org/10.2174/156802611796235107.

34. Rahal, A., Kumar, A., Singh, V., Yadav, B., Tiwari, R., Chakraborty, S., & Dhama, K. (2014). Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: the interplay. *BioMed Research International*, 2014, 761264. https://doi.org/10.1155/2014/761264.

35. Raida, M. K., Nylén, J., Holten-Andersen, L., & Buchmann, K. (2011). Association between plasma antibody response and protection in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* immersion vaccinated against *Yersinia ruckeri*. PloS One, 6(6), e18832. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018832.

36. Ross, A. J., Rucker, R. R., & Ewing, W. H. (1966). Description of a bacterium associated with redmouth disease of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Canadian Journal of Microbiology*, 12(4), 763–770. https://doi.org/10.1139/m66-103.

37. Salinas, I., Zhang, Y. A., & Sunyer, J. O. (2011). Mucosal immunoglobulins and B cells of teleost fish. *Developmental and Comparative Immunology*, 35(12), 1346–1365. https://doi.org/10.1016/j.dci.2011.11.009.

38. Stadtman, E. R., & Levine, R. L. (2000). Protein oxidation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 899, 191–208. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06187.x.

39. Thompson, K.D., & Adams, A. (2004). Current Trends in Immunotherapy and Vaccine Development for Bacterial Diseases of Fish. In: *Current trends in the study of bacterial and viral fish and shrimp diseases* / Ed. Ka Yin Leung. (Molecular aspects of fish and marine biology; V. 3), World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, pp. 313-362.

40. Tkachenko H., Grudniewska J., Pękala A., Terech-Majewska E. (2016a). Oxidative stress and antioxidant defense markers in muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after vaccination against *Yersinia ruckeri*. *Journal of Veterinary Research*, 60, 25–33. https://doi.org/10.1111/10.1515/jvetres-2016-0005.

41. Tkachenko, H., Grudniewska, J., & Pękala, A. (2016b). Muscle biochemistry in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* following *Yersinia ruckeri* vaccination. *Baltic Coastal Zone – Journal of Ecology and Protection of the Coastline*, 20, 137–159.

42. Tkachenko, H., Grudniewska, J., Pękala, A., & Paździor, E. (2016c). Effects of vaccination against *Yersinia ruckeri* on oxidative stress biomarkers and liver and heart biochemistry in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Archives of Polish Fisheries*, 24, 33–46. https://doi.org/10.1111/10.1515/aopf-2016-0004.

43. Tkachenko, H., Komorowski, I., Grudniewska, J., & Kurhaluk, N. (2015). Przemiany metaboliczne w wątrobie pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) immunizowanego szczepionką przeciwko *Yersinia ruckeri* [Metabolic changes in the liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) immunized with the *Yersinia ruckeri* vaccine]. *Słupskie Prace Biologiczne*, 12, 367–391.

44. Welch, T. J., & LaPatra, S. (2016). *Yersinia ruckeri* lipopolysaccharide is necessary and sufficient for eliciting a protective immune response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Fish & Shellfish Immunology*, 49, 420–426. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.12.037.

45. Wiens, G. D., & Vallejo, R. L. (2010). Temporal and pathogen-load dependent changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) immune response traits following challenge with biotype 2 *Yersinia ruckeri*. Fish & Shellfish Immunology, 29(4), 639–647. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2010.06.010.

46. Zar, J. H. (1999). Biostatistical Analysis. 4th ed., Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

ПЕРОРАЛЬНА ВАКЦИНАЦІЯ ЩОДО YERSINIA RUCKERI: БІОМАРКЕРИ ОКИСНЮВАЛЬНОГО СТРЕСУ В ЗЯБРАХ РАДУЖНОЇ ФОРЕЛІ (ONCORHYNCHUS MYKISS WALBAUM)

Ткаченко Г., Кургалюк Н., Грудневська І., Інститут біології та наук про Землю, Поморська Академія в Слупську, Польща

Пенкала-Сафінська А., Познанський університет природничих наук, Польща

Метою даного дослідження була оцінка ефекту пероральної вакцинації щодо Yersinia ruckeri на основі біомаркерів окиснювального стресу в зябрах райдужної форелі (Oncorhynchus mykiss Walbaum). Вакцина складалася з трьох штамів Y. ruckeri (серотип O1), що походять від райдужної форелі, яка вирощується в різних фермерських господарствах, де у риб виявлялися клінічні ознаки ієрсинеозу. Концентровану вакцину вводили корм для риб; годування цим препаратом проводилося тричі з інтервалом в один день. Через два місяці після імунізації брали зразки зябер. Вакцинація щодо Y. ruckeri призводила до недостовірних змін рівня ТБК-активних продуктів як маркерів перекисного окиснення ліпідів, рівня альдегідних та кетонових похідних окиснювально-модифікованих білків у зябрах форелі на другий місяць після імунізації щодо Y. ruckeri. Ми спостерігали достовірне зниження активності супероксиддисмутази (на 36%, p = 0,002) порівняно з необробленим контролем. Зміни маркерів окиснювального стресу дозволяють припустити, що антиоксидантний захист може сприяти балансу між окиснювальною модифікацією білків та антиоксидантним захистом у зябрах форелі, вакцинованої щодо Y. ruckeri. Жодних змін у зябрах через 60 днів імунізації ми не виявили. Ймовірно, це є результатом тривалої адаптації до імунізації. Розуміння ролі октснювального стресу в тканинах вакцинованої форелі має важливе значення для розуміння складних фізіологічних змін, що відбуваються під час імунізації, а також для покращення практики аквакультури для максимального росту тканин та здоров'я вакцинованих риб. Біомаркери окиснювального стресу в зябрах були чутливі до вакцинації щодо Y. ruckeri і потенційно можуть використовуватися як біомаркери при оцінці токсичності вакцини у райдужної форелі. З практичної точки зору результати можуть бути корисні щодо вивчення інфекцій та розробки, введення та використання нових вакцин, що застосовуються до великої кількості риб.

Ключові слова: райдужна форель Oncorhynchus mykiss, Yersinia ruckeri, імунізація, окиснювальний стрес, антиоксидантний захист, зябра.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-61-71
УДК 636.2.082.26

СЕЗОННІ ЗМІНИ ПРОДУКТИВНОСТІ ПЕРВІСТОК ЗА РІЗНИХ УМОВ УТРИМАННЯ

Адмін О. Є., к. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0002-5070-8926
Адміна Н. Г., к. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0001-5224-2640
Трішин О. К., д. с.-г. н., академік НААН,
https://orcid.org/0000-0002-3906-6547
Піскун В. І., д. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0003-0373-9268
Осипенко Т. Л., к. с.-г. н., https://orcid.org/0000-0002-2605-3587
Панченко О. М., к. с.-г. н., https://orcid.org/0000-0001-9580-2839
Інститут тваринництва НААН

Встановлено, що сила впливу сезону отелення на надій за 305 діб лактації в середньому по всіх господарствах складала 0,9 %. За безприв'язного утримання вплив сезону був меншим (0,4 %) у порівнянні з прив'язним утриманням (1,6-5,5 %). *Сезоні відмінності у надоях первісток за прив'язного утримання складали 437-816 кг, а за безприв'язного - 192-283 кг ($p<0,05$). Кращими надоями в одних господарствах відрізнялись первістки, які отелились восени та взимку, а в інших продуктивнішими були тварини весняно-зимового отелення, що вказує на значний вплив на надій первісток умов їх утримання на фермах господарств. Аналіз індексів постійності лактації за І. Іогансена та А. Хансона вказує на те, що найменшим спадом надоїв у період наступних 14 тижнів лактації у порівнянні з першими 14 тижнями лактації характеризовались первістки ДГ ДГ "Кутузівка", а найбільшим - тварини ДГ ДГ "Гонтарівка". За індексом Х. Тернера відміності між піковим місячним надоєм і надоєм за лактацію були найменшими у первісток ДГ ДГ "Степне".*

Лактаційні криві первісток, які отелились в осінньо-зимовий період, мали рівномірний характер і поступово знижувались при максимальній продуктивності на 3-4 місяці лактації. У їхніх ровесниць весняно-літнього отелення у перші 3 місяці лактації також спостерігалось підвищення надоїв, які різко падали у наступні місяці при переведенні тварин на зимово-стійлове утримання, що обумовлено зниженням повноцінності годівлі корів у цей період. За даними дисперсійного аналізу відмінності в добових надоях за кожний з десяти місяців лактації були вірогідні ($p<0,001$).

Найбільший піковий добовий надій у всіх господарствах був отриманий від первісток весняного отелення, що пояснюється найкращими умовами утримання і годівлі в період роздою. Сезонні відмінності в пікових добових надоях первісток коливались від 2,0 до 2,5 кг за прив'язного утримання та від 1,2 до 1,4 кг за безприв'язного утримання ($p<0,001$).

Ключові слова***:*** **українська чорно-ряба молочна порода, надій, сезонні зміни, лактаційна крива, технологія утримання корів.**

На формування молочної продуктивності корів значно впливають технологія їх утримання та сезон отелення. Рядом вітчизняних і зарубіжних вчених встановено, що корови, які отелились у різні сезони року мають певні відмінності у надоях. В результаті, різняться і показники економічної ефективності виробництва молока [1, 2, 7, 14, 16].

Встановлено, що в Україні найвищою молочною продуктивністю характеризуються корови, які вперше отелились у зимово-осінні місяці у порівнянні з їх ровесницями із отеленнями у літньо-весняний період [1, 2]. Результати, які були отримані в Австрії також вказують на вищий рівень молочної продуктивності у корів, які отелилися в осінньо-зимовий період [15]. Аналогічні дані отримано й іншими вченими [11, 17].

Лактаційні криві корів, які отелилися навесні, відрізняються нетиповою формою [8]. За даними зарубіжних дослідників [4] криві лактацій, які розпочинались влітку і восени були стійкішими у порівнянні з лактаціями, які починались взимку чи навесні. У той же час інші вчені [5] вказують на найнижчий рівень продуктивності корів, які отелились влітку.

На молочну продуктивність тварин істотно впливають й кліматичні фактори. Так, наприклад, у Тунісі надої були найнижчими серед корів, які отелились влітку через обмежений раціон годівлі та вплив теплового стресу. Це обумовлено посушливими умовами жаркого клімату в яких проводились більшість досліджень впливу сезону отелення на рівень молочної продуктивності голштинських корів [3, 6, 12, 13]. За даними афганських дослідників молочна продуктивність корів була найвищою у весняний період та влітку, а найнижчою - взимку [10].

Тому отримання реальної (незміщеної) оцінки молочної продуктивності голштинської худоби потребує попереднє корегування даних щодо впливу сезону отелення корів [11].

Мета роботи – встановити сезонні зміни продуктивності первісток та параметри лактаційної кривої за різних умов утримання.

Матеріали та методи досліджень Робота виконувалась за даними племінного обліку наступних підприємств: ПП "Агропрогрес", ДГ ДГ "Гонтарівка", ДГ ДГ "Кутузівка" Харківської області та ТОВ "Агрофірма "Маяк", ДГ ДГ "Степне" Полтавської області. Господарства є племінними підприємствами із розведення української чорно-рябої молочної породи. Надій на 1 корову у дослідний період становив більше 6000 кг молока. Технологія утримання корів на фермах ПП "Агропрогрес", ДГ ДГ "Гонтарівка" та ДГ ДГ "Степне" – прив'язна із використанням літніх таборів. В ДГ ДГ "Кутузівка" тварин утримують без'привязно на довгонезмінній солом'яній підстилці з цілорічною годівлею на вигульно-кормових майданчиках. На фермі ТОВ "Агрофірма "Маяк" впроваджено боксове утримання корів.

При статистичних розрахунках використовували лише дані продуктивності первісток, які мали тривалість лактації більше 200 днів. Для оцінки характеру лактаційної кривої визначали індекси за формулами Х. Тернера та І. Іогансена і А. Хансона [2]. Всього було проаналізовано дані більше 12 тисяч тварин.

Для встановлення впливу сезону отелення первісток на їх молочну продуктивність тварин було розподілено на групи. Опрацювання даних проводили за основними статистичними методами із використанням комп'ютерних програм. Силу впливу визначали за даними дисперсійного аналізу як відношення міжгрупової дисперсії до загальної, що виражена у відсотках.

Результати досліджень. Середні дані за тривалістю лактації, надою за 305 днів і повну лактацію, вмісту жиру та білка в молоці, а також за живою масою первісток наведено у таблиці 1.

Середня тривалість лактації первісток по всіх піддослідних стадах становила 379 діб. Найменша тривалість лактації була у тварин ТОВ "Агрофірма "Маяк" (365 діб), а найбільша – у ДГ ДГ "Степне" (395 діб). Різниця між середніми показниками у 30 діб вірогідна ($P<0,001$).

Таблиця 1

Характеристики первісток за продуктивністю (M±m)

Показники	ПП "Агро-прогрес"	ДГ ДГ "Гонта-рівка"	ДГ ДГ "Куту-зівка"	ТОВ "Аг-ро-фірма "Маяк"	ДГ ДГ "Степ-не"	Разом
Кількість лактацій	1767	1523	4723	2709	1405	12127
Тривалість лактації, діб	375 ±2,6	388 ±3,2	381 ±1,9	365 ±1,9	395 ±3,3	379 ±1,1
Надій за лактацію, кг	6808 ±51,5	6636 ±53,4	7203 ±40,7	7452 ±45,2	8120 ±76,3	7237 ±23,4
Надій за 305 діб лактації, кг	5594 ±29,7	5536 ±27,9	5914 ±23,3	6350 ±24,7	6528 ±33,2	5989 ±13,0
Вміст жиру, %	3,62 ±0,006	4,01 ±0,009	3,62 ±0,004	3,66 ±0,002	3,48 ±0,007	3,66 ±0,003
Вміст білку, %	3,03 ±0,003	3,19 ±0,006	3,08 ±0,003	3,19 ±0,001	3,14 ±0,006	3,12 ±0,002
Жива маса, кг	514±3,8	539±1,4	525±0,9	515±0,1	540±1,0	525±0,5

Надій за лактацію первісток чорно-рябої молочної породи становив 7237 кг, а за 305 діб лактації - 5989 кг. За вмістом жиру та білка у молоці, а також живою масою тварини відповідали стандарту породи.

Молочна продуктивність корів залежить від характеру лактаційної кривої, величини максимального надою та здатності підтримувати надої на певному рівні протягом тривалого часу. Вивчення лактаційних кривих корів за різних сезонів отелення свідчить про значні відмінності їх за формою (рис. 1).

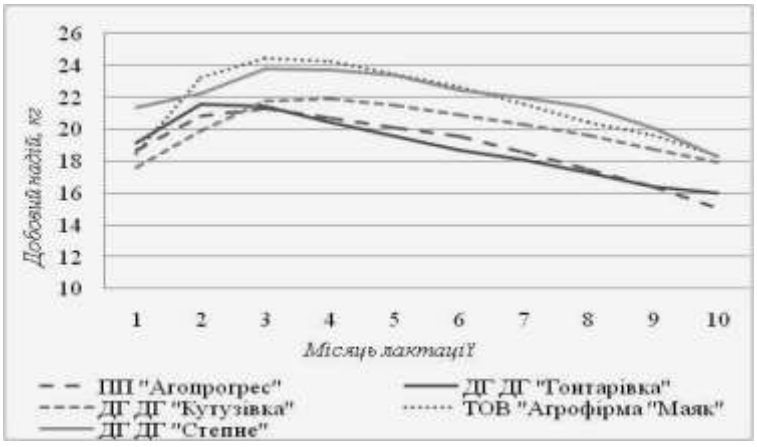


Рис. 1. Динаміка середньодобових надоїв первісток у піддослідних господарствах

Так, максимальну продуктивність первістки ПП "Агропрогрес" (21,3±0,13 кг), ТОВ "Агрофірма "Маяк" (24,4±0,11 кг) та ДГ ДГ "Степне" (23,8±0,13 кг) показували на 3-му місяці лактації, у ДГ ДГ "Гонтарівка" (21,5±0,14 кг) – на 2-му місяці лактації, а у ДГ ДГ "Кутузівка" (21,3±0,10 кг) – на 4-му місяці лактації. Потім лактаційні криві спадали із різною інтенсивністю.

Індекси постійності лактації за І. Іогансеном та А. Хансоном відповідно дорівнювали 89,1±0,22 % , 94,5±0,18 %, 93,0±0,25 %, 84,8±0,24 %, 97,1±0,13 %, а індекси постійності лактації за Х. Тернером – 8,9±0,03, 8,9±0,02, 9,2±0,03, 8,8±0,03, 9,1±0,02. Відмінності у значеннях індексів вірогідні ($p<0,05$). Аналіз індексів І. Іогансена та А. Хансона вказує на те, що найменшим спадом надоїв у період наступних 14 тижнів лактації у порівнянні з першими 14 тижнями лактації характеризовались первістки ДГ ДГ "Кутузівка", а найбільшим - тварини ДГ ДГ "Гонтарівка". За індексом Х. Тернера відміності між піковим місячним надоєм і надоєм за лактацію були найменшими у первісток ДГ ДГ "Степне".

Таким чином, за формою лактаційні криві первісток можуть значно відрізнятись у різних господарствах, що обумовлено умовами утримання та годівлі.

Певний вплив сезону отелення первісток на характеристики їх молочної продуктивності встановлено як в цілому по всіх господарствах так і по кожному окремо (табл. 2).

Таблиця 2

Надої первісток за 305 діб лактації, які отелились у різні сезони року, кг (M±m)

Сезон року	ПП "Агро-прогрес"	ДГ ДГ "Гонта-рівка"	ДГ ДГ "Куту-зівка"	ТОВ "Аг-ро-фірма "Маяк"	ДГ ДГ "Степне"	Разом
Зима	5631±67,7	5697±62,9	5972±46,4	6385±50,3	6917±61,8	6099±27,4
Весна	5502±50,1	5629±47,8	5911±42,4	6419±37,1	6509±63,4	6017±21,8
Літо	5501±52,2	5260±52,5	5737±46,8	6274±76,3	6101±63,0	5745±26,8
Осінь	5958±75,6	5554±61,1	6020±50,3	6227±52,1	6605±70,8	6073±28,8
Сила впливу (η^2), %	1,6 ***	2,3 ***	0,4 ***	0,4 *	5,5 ***	0,9 ***

У середньому по всіх господарствах сила впливу сезону отелення на надій за 305 діб лактації складала 0,9 %. За безприв'язного утримання в ДП ДГ «Кутузівка» та ТОВ "Агрофірма "Маяк" вплив сезону був меншим (0,4 %) у порівнянні з прив'язним утриманням (1,6-5,5 %). Сезоні відмінності у надоях первісток ПП "Агропрогрес" складали 457 кг, ДГ ДГ "Гонтарівка" – 437 кт, ДГ ДГ "Кутузівка" – 283 кг, ТОВ "Агрофірма "Маяк" – 192 кг, ДГ ДГ "Степне" – 816 кг ($p<0,05$). Необхідно вказати, що у трьох господарствах кращими надоями характеризувались первістки, отелення яких відбувались восени та взимку, а в двох господарствах продуктивнішими виявились тварини весняно-зимового отелення. Це вказує на значний вплив на надій первісток умов їх утримання на фермах господарств.

Щодо якісних ознак молочної продуктивності первісток, то вплив сезону отелення також був вірогідним ($p<0,001$) у цілому для всіх стад (табл. 3-4).

Вищою жирномолочністю відрізнялися тварини літнього та осіннього отелення. Вони переважали первісток інших сезонів отелення у ПП "Агропрогрес" на 0,07 %, у ДГ ДГ "Гонтарівка" на 0,14 %, у ДГ ДГ "Кутузівка" на 0,04 %, у ТОВ "Агрофірма "Маяк" на 0,08 %, у ДГ ДГ "Степне" на 0,05 %.

Оцінка вмісту білка у молоці первісток не мала чіткої залежності від сезону їх отелення і лише в трьох господарствах за даними дисперсійного аналізу була обумовлена сезоном отелення. Це вказує на незначні відмінності (0,02- 0,06 %) у білковомолочності за сезонами отелення.

Таблиця 3

Середній вміст жиру в молоці первісток за 305 діб лактації, які отелились у різні сезони року, % (M±m)

Сезон року	ПП "Агро-прогрес"	ДГ ДГ "Гонта-рівка"	ДГ ДГ "Куту-зівка"	ТОВ "Аг-ро-фірма "Маяк"	ДГ ДГ "Степне"	Разом
Зима	3,60±0,009	3,94±0,018	3,60±0,008	3,66±0,004	3,45±0,012	3,63±0,005
Весна	3,59±0,007	3,96±0,016	3,63±0,008	3,63±0,003	3,49±0,014	3,65±0,004
Літо	3,65±0,009	4,08±0,016	3,64±0,008	3,71±0,006	3,50±0,014	3,70±0,006
Осінь	3,66±0,026	4,06±0,022	3,63±0,008	3,71±0,005	3,48±0,015	3,69±0,006
Сила впливу (η^2), %	1,4 ***	3,1 ***	0,3 **	8,6 ***	0,6 *	0,8 ***

Таблиця 4

Середній вміст білка в молоці первісток за 305 діб лактації, які отелились у різні сезони року, % (M±m)

Сезон року	ПП "Агро-прогрес"	ДГ ДГ "Гонта-рівка"	ДГ ДГ "Куту-зівка"	ТОВ "Аг-ро-фірма "Маяк"	ДГ ДГ "Степне"	Разом
Зима	3,03±0,004	3,16±0,014	3,08±0,005	3,19±0,001	3,13±0,010	3,11±0,003
Весна	3,02±0,005	3,22±0,012	3,07±0,005	3,19±0,001	3,15±0,009	3,13±0,003
Літо	3,04±0,007	3,19±0,012	3,09±0,006	3,17±0,002	3,16±0,014	3,11±0,004
Осінь	3,03±0,005	3,17±0,011	3,10±0,006	3,18±0,002	3,12±0,012	3,12±0,003
Сила впливу (η^2), %	0,2	1,1 ***	0,3 **	7,6 ***	0,4	0,1 ***

Далі розглянемо лактаційні криві первісток, які отелились у різні сезони року. На рисунку 2 наведено динаміку середньодобових надоїв у цілому по піддослідних господарствах.

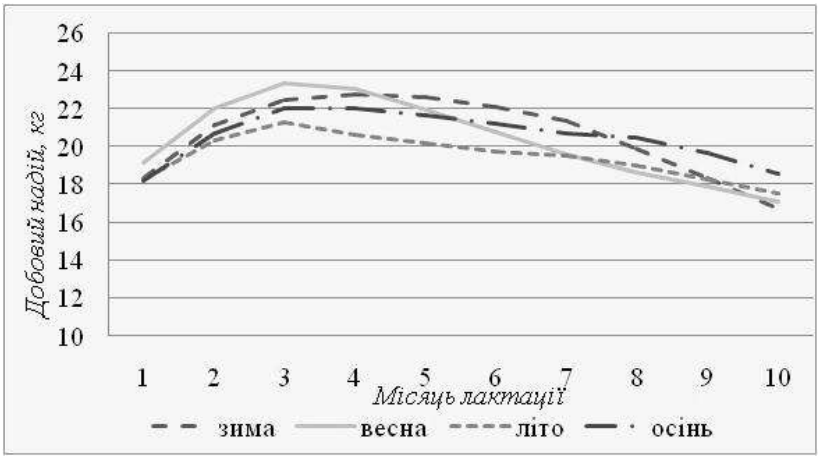
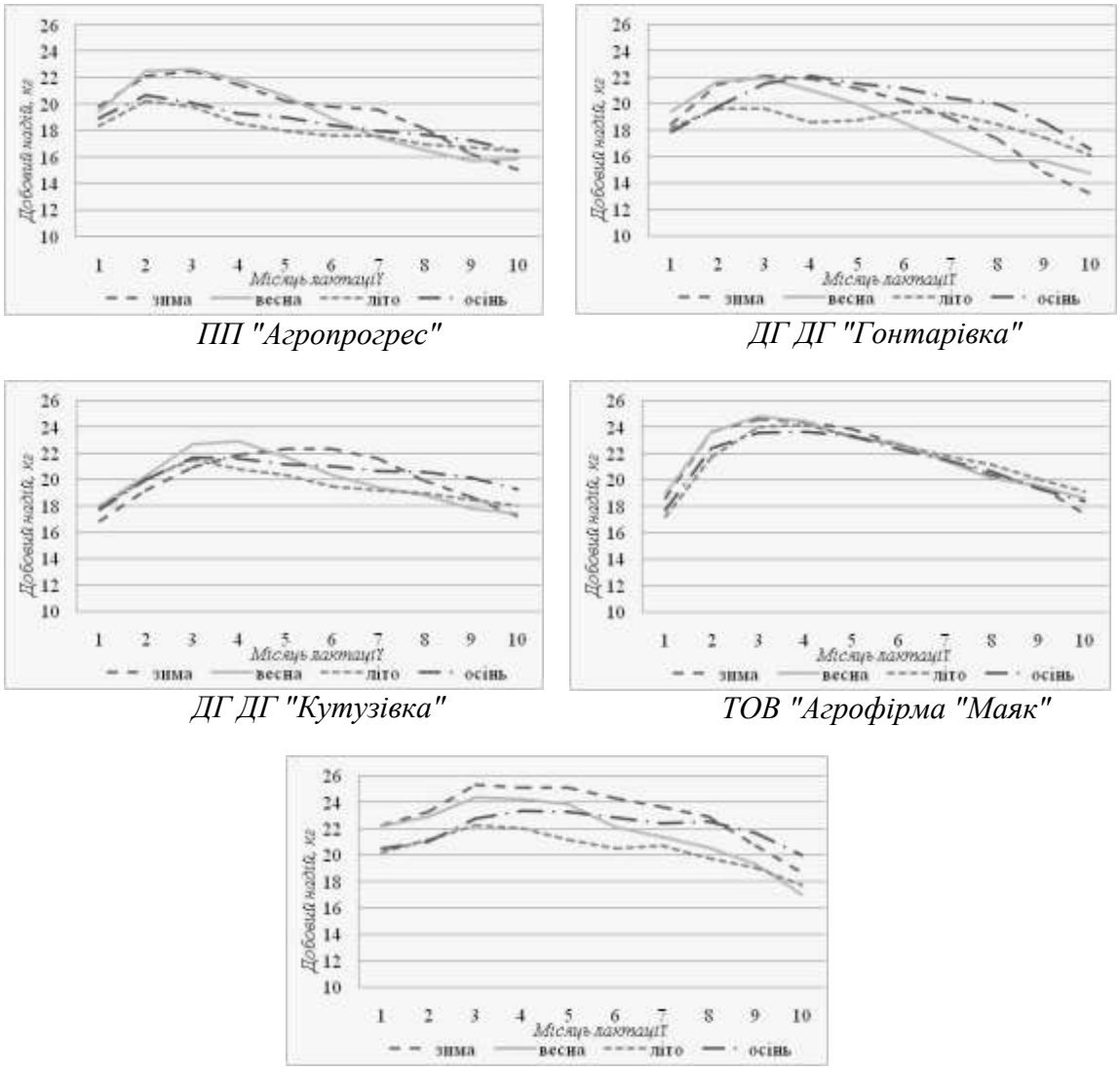


Рис. 2. Динаміка середньодобових надоїв первісток у цілому по піддослідних господарствах за сезонами отелення

Лактаційні криві первісток, які отелились в осінньо-зимовий період, мали рівномірний характер, що поступово знижується при максимальній продуктивності на 3-4 місяці лактації. У їхніх ровесниць весняно-літнього отелення у перші 3 місяці лактації також спостерігалось підвищення надоїв, які різко падали у наступні місяці при переведенні тварин на зимово-стійлове утримання та зниження повноцінності годівлі корів у цей період. За даними дисперсійного аналізу відмінності у добових надоях за кожний із десяти місяців лактації були вірогідними ($p<0,001$). Про це свідчить відношення надою за другу третину лактації до надою за першу третину лактації. Так, у тварин осіннього та зимового отелення воно складало 96,0±0,20 % та 97,9±0,18 %, а у первісток весняного та літнього – 90,0±0,15 % та 91,6±0,19 %, відповідно ($p<0,001$). Найбільші зміни у добових надоях мали тварини, які отелились влітку. Індекс Х. Тернера дорівнював 8,7±0,02, тоді як у первісток зимового отелення – 9,0±0,03, літнього – 9,1±0,03 і осіннього – 9,3±0,03 ($p<0,001$).

Далі розглянемо особливості змін добових надоїв первісток у різних господарствах (рис. 3, табл. 5).



ПП "Агропрогрес" *ДГ ДГ "Гонтарівка"*

ДГ ДГ "Кутузівка" *ТОВ "Агрофірма "Маяк"*

ДГ ДГ "Степне"

Рис. 3. Динаміка середньодобових надоїв первісток у розрізі піддослідних господарств за сезонами отелення

Лактаційні криві первісток чотирьох господарств суттєво відрізнялись як за формою так і за надоями по місяцях лактації в залежності від сезону їх отелення (p<0,01). Лише тварини ТОВ "Агрофірма "Маяк" мали однакову форму і відмінності у надоях були вірогідними лише у перші чотири місяці лактації. Це вказує на стабільні умови їх годівлі та утримання протягом всіх сезонів року.

У ПП "Агропрогрес" максимальну добову продуктивність первісток зимового, весняного та літнього отелення було отримано на 3-му місяці лактації 22,1±0,28 кг, 22,0 ±0,23 кг, 19,6±0,22 кг, відповідно, а осіннього – на 4-му місяці лактації (22,0±0,32 кг). Тварини ДГ ДГ "Гонтарівка" зимового та весняного отелення мали пік на 3-му місяці лактації (22,5±0,33, 22,6±0,26 кг), а літнього та осіннього – на 2-му місяці лактації (20,3±0,25, 20,7±0,30 кг).

Найбільш нетиповим за формою були лактаційні криві первісток ДГ ДГ "Кутузівка". Найвищі місячні надої корів зимових отелень були на 5-му місяці лактації (22,3±0,19 кг), весняних – на 4-му місяці лактації (22,9±0,18), а літніх та осінніх на 3-му місяці лактування (21,5±0,20, 21,7±0,20 кг). Це вказує на вплив жорстких зимових умов безприв'язного утримання у господарстві, а саме цілорічної технології годівлі на вигульно-кормових майданчиках.

У ТОВ "Агрофірма "Маяк" максимальну добову продуктивність первісток зимового, весняного та осіннього отелення було отримано на 3-му місяці лактації 24,6±0,21 кг, 24,8±0,18 кг, 23,6±0,23 кг, відповідно, а літнього – на 4-му місяці лактації (24,1±0,28 кг). Тварини ДГ ДГ "Степне" зимового, весняного та літнього отелення мали пік лактації на 3-му місяці лактації (25,3±0,24 кг, 24,3±0,24 кг, 22,3±0,23 кг), а осіннього – на 4-му місяці лактації (23,3±0,27 кг).

Сезонні відмінності у пікових добових надоях первісток складали у ПП "Агропрогрес" 2,5 кг, у ДГ ДГ "Гонтарівка" 2,3 кг, ДГ ДГ "Кутузівка" 1,4 кг, ТОВ "Агрофірма "Маяк" 1,2 кг і ДГ ДГ "Степне" 2,0 кг (p<0,001).

Таблиця 5

Індекси постійності лактації первісток, які отелились у різні сезони року, (M±m)

Сезон року	ПП "Агропрогрес"	ДГ ДГ "Гонтарівка"	ДГ ДГ "Кутузівка"	ТОВ "Агро-фірма "Маяк"	ДГ ДГ "Степне"
Індекс І. Іогансена та А. Хансона, %					
Зима	90,6±0,48	86,2±0,59	105,4±0,26	94,2±0,48	94,9±0,49
Весна	83,2±0,36	83,4±0,45	93,6±0,26	92,7±0,32	90,1±0,45
Літо	91,9±0,41	84,7±0,54	91,8±0,28	98,8±0,67	90,6±0,49
Осінь	98,0±0,58	86,3±0,59	96,9±0,28	97,1±0,55	97,6±0,55
Індекс Х. Тернера					
Зима	8,6±0,07	8,7±0,08	9,0±0,04	8,8±0,07	9,1±0,07
Весна	8,5±0,05	8,5±0,06	8,7±0,04	8,8±0,05	9,0±0,06
Літо	9,5±0,06	8,9±0,08	9,0±0,04	8,9±0,09	9,2±0,07
Осінь	9,0±0,08	9,0±0,08	9,4±0,04	9,0±0,08	9,4±0,08

У цілому лактаційні криві первісток, які отелились в осінньо-зимовий період, мали рівномірний характер, про що свідчать значення індексу І. Іогансена та А. Хансона – зниження надоїв у другу третину лактації найменше. У той же час, у тварин весняно-літнього отелення спостерігалось різке падіння надоїв у цей пері-

од, що пов'язано із переведенням тварин на зимово-стійлове утримання та зміною годівлі корів у цей період.

За аналізу значення індексу Х. Тернера необхідно сказати, що найбільший піковий добовий надій у всіх господарствах було отримано від первісток весняного отелення, що пояснюється найкращими умовами утримання і годівлі в період роздою.

Висновки:

1. Сила впливу сезону отелення на надій за 305 діб лактації складала 0,9 %. За безприв'язного утримання вплив сезону був меншим (0,4 %) ніж за прив'язного утримання (1,6-5,5 %). Сезоні відмінності у надоях первісток за прив'язного утримання складали 437-816 кг, а за безприв'язного - 192-283 кг ($p<0,05$).

2. У залежності від господарства кращими надоями за 305 діб лактації відрізнялись первістки осінньо-зимового і весняно-зимового отелення, що вказує на значний вплив на надій умов їх утримання та годівлі.

3. Лактаційні криві первісток, які отелились у осінньо-зимовий період мали рівномірний характер зниження надоїв у другу третину лактації. У тварин весняно-літнього отелення спостерігалось різке падіння надоїв у цей період, що пов'язано із переведенням тварин на зимово-стійлове утримання та зміною годівлі корів у цей період. За оцінки молочної продуктивності худоби необхідно корегування даних щодо впливу сезону отелення та технології утримання.

Бібліографічний список

1. Базишина І. Молочна продуктивність корів і час першого отелення. *Тваринництво України.* 2009. № 3. С. 6-8.

2. Поліщук Т.В. Вплив сезону отелення на характер лактаційної кривої корів молочних порід. *Аграрна наука та харчові технології збірник наукових праць.* Вінниця. 2019. Вип. 3(106). С. 114-126. http://repository.vsau.org/getfile.php/20729.pdf

3. Abubakar B.Y., Buvanendran, V. Lactation curves of Friesian-Bunaji crosses in Nigeria. *Livestock Production Science.* 1981. Vol. 8(1). P. 11-19. https://doi.org/10.1016/0301-6226(81)90027-0.

4. Albarran-Portillo B, Pollott G. E. Environmental factors affecting lactation curve parameters in the United Kingdom's commercial dairy herds. *Archivos de medicina veterinaria* 2011. Vol. 43(2). P. 145–53. https://doi.org/10.4067/S0301-732X2011000200007

5. Bouallegue M., Haddad B., Aschi M. S., Ben H. M. Effect of environmental factors on lactation curves of milk production traits in Holstein – Friesian cows reared under North African condition. *Livestock Research for Rural Development.* 2013. Vol. 25(5). http://www.lrrd.org/lrrd25/5/boua25075.htm

6. Collins-Lusweti E. Lactation curves of Holstein-Friesian and Jersey cows in Zimbabwe. *South African Journal of Animal Science.* 1991. Vol. 21(1). P. 11-15. https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/138658

7. Faqiri Sh. G., Tanin G. M. Effect of Month and Season of Birth on Milk Quantity and Quality of Holstein Friesian Cows in Kabul Bini Hisar Dairy Farm. *Symbiosis Journal of Veterinary Science*. 2017. № 3(3). P. 1-4. https://doi.org/10.15226/2381-2907/3/3/00134

8. Garcia S, Holmes C. Lactation curves of autumn- and spring-calved cows in pasture based dairy systems. *Livestock Production Science.* 2001. Vol. 68. P. 189–203. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00237-2

9. Habibi E., Qasimi M., Ahmadzai N., Stanikzai N. and Sakha M. Effect of Season and Lactation Number on Milk Production of Holstein Friesian Cows in Kabul Bini-Hesar Dairy Farm. *Open Journal of Animal Sciences*. 2021. Vol. 11. P. 369-375. https://doi.org/10.4236/ojas.2021.113026.

10. Heinrichs A. J., Wells S. J., Hurd H. S., Hill G. W., Dargatz D. A. The national dairy heifers evaluation project: a profile of heifer management practices in United States. *Journal of Dairy Science.* 1994. Vol. 77(6). P. 1548–1555 https://doi.org/ 10.3168/jds.S0022-0302(94)77096-X.

11. Kramarenko O., Kramarenko S. Influence of Lactation Number, Year and Season of Calving on Milk Productivity of Cows. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, Mykolaiv, 2022. Vol. 26(2). P. 43-52. https://doi.org/10.56407/2313-092X/2022-26(2)-5

12. M'hamdi N., Bouallegue M., Frouja S., Ressaissi Y., Brar S.K., & Hamouda, M.B. Effects of environmental factors on milk yield, lactation length and dry period in Tunisian Holstein cows. *Milk production.* 2012. https://doi.org/10.5772/50803.

13. Rekik B., Gara A. B., Hamouda M. B., & Hammami H. Fitting lactation curves of dairy cattle in different types of herds in Tunisia. *Livestock Production Science*. 2003. Vol. 83(2-3). P. 309-315. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00028-9.

14. Susanto A., Hakim Suyadi L., Nurgiartiningsih V. M. A. Environment (Year and Season of Birth) Effects on First-Lactation Milk Yield of Dairy Cows. *The 1st Animal Science and Food Technology Conference.* 2019. P. 1-6. https://doi.org/10.1088/1755-1315/372/1/012010

15. Torshizi M. E. Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *Journal of Animal Science and Technology.* 2016. Vol. 58(8). 14 p. https://doi.org/10.1186/s40781-016-0089-1

16. Van Eetvelde M., Kamal M.M., Vandaele L., Opsomer G. Season of birth is associated with first-lactation milk yield in Holstein Friesian cattle. *Animal*. 2017. № 11(12). P. 2252-2259. https://doi.org/10.1017/S1751731117001021

17. Wilmink JBM. Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Production Science.* 1987. Vol. 16. P. 335–48. https://doi.org/10.1016/0301-6226(87)90003-0

References

1. Bazyshyna, I. (2009). Molochna produktyvnist koriv i chas pershoho otelennia [Milk productivity of cows and time of first calving]. *Tvarynnytstvo Ukrainy*. 3, 6-8. [in Ukrainian].

2. Polishchuk, T. V. (2019). Vplyv sezonu otelennia na kharakter laktatsiinoi kryvoi koriv molochnykh porid [The influence of the calving season on the nature of the lactation curve of dairy cows.]. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii zbirnyk nauko-vykh prats.* Vinnytsia, 3(106), 114-126. http://repository.vsau.org/getfile.php/ 20729.pdf [in Ukrainian].

3. Abubakar, B. Y., & Buvanendran, V. (1981) Lactation curves of Friesian-Bunaji crosses in Nigeria. *Livestock Production Science,* 8(1), 11-19. https://doi.org/10.1016/0301-6226(81)90027-0.

4. Albarran-Portillo, B, & Pollott, G. E. (2011). Environmental factors affecting lactation curve parameters in the United Kingdom's commercial dairy herds.

Archivos de medicina veterinaria, 43(2), 145–53. https://doi.org/10.4067/S0301-732X2011000200007

5. Bouallegue, M., Haddad, B., Aschi, M. S., & Ben, H. M. (2013). Effect of environmental factors on lactation curves of milk production traits in Holstein – Friesian cows reared under North African condition. *Livestock Research for Rural Development*, 25(5). http://www.lrrd.org/lrrd25/5/boua25075.htm

6. Collins-Lusweti, E. (1991). Lactation curves of Holstein-Friesian and Jersey cows in Zimbabwe. *South African Journal of Animal Science,* 21(1), 11-15. https:// www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/138658

7. Faqiri, Sh. G., & Tanin, G. M. (2017). Effect of Month and Season of Birth on Milk Quantity and Quality of Holstein Friesian Cows in Kabul Bini Hisar Dairy Farm. *Symbiosis Journal of Veterinary Science,* 3(3), 1-4. https://doi.org/10.15226/2381-2907/3/3/00134

8. Garcia, S, & Holmes, C. (2001). Lactation curves of autumn- and spring-calved cows in pasture based dairy systems. *Livestock Production Science,* 68, 189–203. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00237-2

9. Habibi, E., Qasimi, M., Ahmadzai, N., Stanikzai, N. & Sakha, M. (2021). Effect of Season and Lactation Number on Milk Production of Holstein Friesian Cows in Kabul Bini-Hesar Dairy Farm. *Open Journal of Animal Sciences*, 11, 369-375. https://doi.org/10.4236/ojas.2021.113026.

10. Heinrichs, A. J., Wells, S. J., Hurd, H. S., Hill G. W., & Dargatz, D. A. (1994). The national dairy heifers evaluation project: a profile of heifer management practices in United States. *Journal of Dairy Science,* 77(6), 1548–1555. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77096-X.

11. Kramarenko, O., & Kramarenko, S. (2022). Influence of Lactation Number, Year and Season of Calving on Milk Productivity of Cows. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, Mykolaiv, 26(2), 43-52. https://doi.org/10.56407/2313-092X/2022-26(2)-5

12. M'hamdi, N., Bouallegue, M., Frouja, S., Ressaissi, Y., Brar, S. K., & Hamouda, M. B. (2012). Effects of environmental factors on milk yield, lactation length and dry period in Tunisian Holstein cows. *Milk production.* https://doi.org/10.5772/50803.

13. Rekik, B., Gara, A. B., Hamouda, M. B., & Hammami, H. (2003). Fitting lactation curves of dairy cattle in different types of herds in Tunisia. *Livestock Production Science,* 83(2-3), 309-315. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00028-9.

14. Susanto, A., Hakim Suyadi, L., & Nurgiartiningsih, V. M. A. (2019). Environment (Year and Season of Birth) Effects on First-Lactation Milk Yield of Dairy Cows. *The 1st Animal Science and Food Technology Conference,* 1-6. https://doi.org/10.1088/1755-1315/372/1/012010

15. Torshizi, M. E. (2016). Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *Journal of Animal Science and Technology,* 58(8), 14. https://doi.org/10.1186/s40781-016-0089-1

16. Van Eetvelde, M., Kamal, M. M., Vandaele, L., & Opsomer, G. (2017). Season of birth is associated with first-lactation milk yield in Holstein Friesian cattle. *Animal*, 11(12), 2252-2259. https://doi.org/10.1017/S1751731117001021

17. Wilmink, J. B. M. (1987). Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Production Science,* 16, 335–48. https://doi.org/10.1016/0301-6226(87)90003-0

SEASONAL CHANGES IN THE PRODUCTIVITY OF FIRST CALVING COWS UNDER DIFFERENT HOUSING

Admin A. E., Admina N. G., Trishin O. K., Piskun V. I., Osypenko T. L., Panchenko, O. M., The Institute of Animal Science NAAS

The influence of the calving season on milk production was determined to be 0.9% for 305 days of lactation on average across all farms. In loose-housing, the influence of the season was smaller (0.4%) compared to stall housing (1.6-5.5%). Seasonal differences in the milk output of first calving cows for stall housing was equal to 437-816 kg, and for loose-housing 192-283 kg ($p<0.05$). In some farms animals of autumn and winter calving were distinguished by the best milk output, while in other farms spring-winter calving cows were more productive. It indicates a significant influence on the production of first-borns by the conditions of housing. The analysis of the indices of lactation constancy according to I. Johansen and A. Hanson indicates that the smallest decrease in milk output in the period of the next 14 weeks of lactation compared to the first 14 weeks of lactation was characterized by the first-borns of the experimental farm "Kutuzivka", and the largest by the animals of the experimental farm "Gontarivka". According to H. Turner's index, the differences between the peak monthly milk output and the milk output per lactation were the smallest in the first calving cows of the experimental farm "Stepne".

Lactation curves of the cows that calved in the autumn-winter period had a steady character, which gradually decreased at maximum productivity for 3-4 months of lactation. In the first 3 months of lactation their herdmates of spring-summer calving also had an increase in milk output which fell dramatically in the following months when the animals were conveyed to winter-stall housing and a decrease in the completeness of feeding cows during this period. According to variance analysis, differences in daily milk output for each of the ten months of lactation were possible ($p<0.001$).

The highest peak of daily output in all farms was obtained from first calving cows of spring calving which explained by the best conditions of housing and feeding during the calving period. Seasonal differences in the peak daily milk output of first calving cows ranged from 2.0 to 2.5 kg for stall housing and from 1.2 to 1.4 kg for loose-housing ($p<0.001$).

Keywords: Ukrainian black and white dairy breed, milk productivity, seasonal changes, lactation curve, housing cows technique.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-72-79
УДК 636.2.082.26

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНИХ ОЗНАК У ТЕЛИЦЬ ТА НЕТЕЛЕЙ ПІД ВПЛИВОМ ПАРАТИПОВИХ ФАКТОРІВ

Антоненко С. Ф., д. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0002-4170-7753
Піскун В. І., д. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0003-0373-9268
Адміна Н. Г., к. с.-г. н., с. н. с., http://orcid.org/0000-0001-5224-2640
Адмін О. Є., к. с.-г. н., с. н. с., http://orcid.org/0000-0002-5070-8926
Золотарьов А. П., к. с.-г. н., https://orcid.org/0000-0002-5532-3988
Трішин О. К., д. с.-г. н., академік НААН, https://orcid.org/0000-0002-5532-3988
Інститут тваринництва НААН

Досліджено вплив віку і живої маси при запліднені на споживання обмінної енергії і сирого протеїну за 6 місяців тільності, процеси їх росту та розвитку. Встановлено, що приріст живої маси нетелей за даними перших трьох місяців тільності складав у І групі – 67,0±3,66 кг, ІІ – 65,0±5,26 кг, ІІІ – 49,0±4,40 кг. За вивчення енергії росту тварин впродовж 0-3 міс. (92 дні) тільності виявлено, що нетелі І і ІІ груп за показниками середньодобового приросту переважали ровесниць ІІІ групи на 196 г і 174 г або на 26,9 і 24,4 % (p<0,01). При порівнянні показників приросту живої маси 4-6 місяців (92 дні) тільності виявлено, що нетелі І і ІІ груп істотно переважали аналогів ІІІ групи за цією ознакою на 29,0 і 28,0 кг. За показником середньодобового приросту нетелі І і ІІ груп перевищували своїх ровесниць ІІІ групи на 316 і 305 г або на 43,4 і 47,5 % (p<0,001). Необхідно підкреслити, що тварини І і ІІ груп мали більший приріст живої маси за весь дослідний період тільності на 47,0 і 43,0 кг або на 58 і 53 % у порівнянні з аналогами ІІІ групи.

За результатами багатокритеріального аналізу встановлено, що для І групи цільова функція за розглянутими критеріями була меншою і становила 0,0359 при тому, що цільові функції ІІ і ІІІ групи були гіршими в 1,4 і 12,1, відповідно. У той же час тварини ІІ групи переважали аналогів ІІІ групи в 8,6 рази. Це вказує на перевагу тварин І і ІІ груп, вік плідного парування яких 14,8-15,3 місяців при живій масі 373-414 кг. Вони мали більшу інтенсивність росту живої маси в період тільності, витрачали менше енергії та сирого протеїну корму на кілограм приросту.

Розроблено лінійну, неповну квадратичну та частково неповну квадратичну регресії, які описують залежність приросту живої маси нетелей від їх віку і живої маси запліднення на час запліднення та спожитої обмінної енергії і сирого протеїну за 6 місяців тільності.

Встановлено, що сезон року при плідному паруванні телиць в даному стаді не мав суттєвого впливу на їх розвиток в період тільності та подальшу молочну продуктивність.

Ключові слова: **нетелі, жива маса, середньодобовий приріст, інтенсивність росту, відтворні функції, багатокритеріальний аналіз, регресійна модель, сезон року.**

Розроблення і впровадження у виробництво ефективних систем вирощування ремонтного молодняку визначено одним із головних завдань науки та практики скотарства [1, 2]. Увесь процес охоплює комплекс заходів із годівлі, утримання, догляду тварин [3], спрямованих на реалізацію генетично запрограмованої продуктивності [4]. Світовий досвід підтверджує, що тільки у спеціалізованих фе-

рмах або господарствах можна створити найкращі умови для інтенсивного вирощування ремонтного молодняку [5]. Виростити добре розвинених, здорових, стійких до несприятливих чинників зовнішнього середовища високопродуктивних тварин, які здатні економно використовувати корми можна тільки тоді, коли у процесі вирощування враховувати особливості їх розвитку та росту у певні вікові періоди. Одним із таких періодів є період від 18 до 27-місячного віку (нетелі першої і другої половини тільності – період формування майбутньої корови) [6, 7]. Репродуктивна ефективність молочних телиць має вирішальне значення для економіки підприємств, оскільки скорочення віку першого їх запліднення зменшує витрати на їх вирощування. А їх вирощування є другою за величиною щорічною операційною витратою на фермі, поступаючись лише витратам на корми і безпосередньо пов'язане з годівлею, утриманням та затратами на робочу силу [8-14].

Тому визначення впливу паратипових чинників, які впливають на формування організму нетелей є наразі актуальним завданням.

Мета роботи – дослідити вплив паратипових факторів на процеси росту та формування організму нетелей.

Матеріали та методи досліджень. Науково-господарські досліди виконували в умовах племінного заводу ДП ДГ „Степне" Інституту свинарства і АПВ НААН Полтавської області.

Дослідження проводили у два етапи. На першому етапі запланованих досліджень вивчали вплив паратипових факторів на процеси росту та формування організму нетелей у першу та другу третину тільності. Ключовими паратиповими чинниками виступали жива маса телиць при плідному парування та вік парування. Було сформовано три групи нетелей української чорно-рябої молочної породи з живою масою при плідному паруванні: I група – до 380 кг (20 гол.), II група – 383-453 кг (20 гол.), III група – 454 кг і більше (20 гол.).

Другий напрям досліджень включав вивчення впливу сезону року на запліднення нетелей та їх розвиток. Тварин було розподілено на 4 групи: I – зимовий період, II – весняний період, III – літній період і IV – осінній період.

Оцінку впливу паротипових чинників на показники вирощування ремонтних телиць проводили на основі багатокритеріального аналізу, за методом оцінки інтегрального критерію відстані до цілі із застосовуванням підходу згортання всіх критеріїв до одного за допомогою нормування [15]. Для порівняльної оцінки за комплексним показником на основі методу багатокритеріального аналізу знаходили відносну відстань для кожного варіанту в порівнянні з бажаним.

Обробку експериментальних даних проводили за основними статистичними методами. Було розраховано середні значення та їх помилки. Порівняння середніх значень здійснювали за критерієм Стьюдента. Вірогідність впливу визначали за критерієм Фішера. Для встановлення напрямів впливу використовували регресійний аналіз

Результати досліджень. Інтенсивність росту нетелей за період дослідження наведено у таблиці 1. Встановлено, що приріст живої маси нетелей за даними перших трьох місяців тільності 0-3 місяці (92 дні) у тварин I групі був на 2 кг вище ніж тварин II групи та на 18 кг більше в порівнянні з III групою. При вивченні інтенсивності росту тварин впродовж 0-3 міс. (92 дні) тільності було виявлено, що нетелі I і II груп за показниками середньодобового приросту переважали своїх ровесниць з III групи на 196 г і 174 г або на 26,9 і 24,6 % ($p<0,01$).

За даними наступних трьох місяців тільності 4-6 місяців (92 дні) приріст живої маси у нетелей I і II груп був більше на 48,3 і 47,7 % ($P<0,01$) у порівнянні з ровесницями III групи. Така ж тенденція спостерігалась і за показником серед-

ньодобового приросту. За цим показником нетелі I і II груп переважали своїх аналогів з III групи на 316 і 305 г або на 48,4 і 47,5 % (P<0,01).

Таблиця 1

Динаміка живої маси нетелей за період тільності

Показники		Група		
		I	II	III
Вік запліднення, міс.		14,80±0,20	15,34±0,33	20,32±0,54
Жива маса при заплідненні, кг		373±2,41	414±4,90	507±11
Перші 3 місяці тільності (92 дні)	Приріст: - валовий, кг	67,0±6,66	65,0±3,26	49,0±4,40
	- середньодобовий, г	729±33	707±36	533±48
	Витрати на приріст: - ОЕ, МДЖ	72,61	75,48	95,47
	- СП, г	936	946	1261
Другі 3 місяці тільності (91 день)	Приріст: - валовий, кг	60,0±6,60	59,0±3,10	31,0±4,1
	- середньодобовий, г	653±38	642±34	337±47
	Витрати на приріст: - ОЕ, МДЖ	86,04	89,06	105,27
	- СП, г	1003	1066	1467

Слід відмітити, що показники приросту живої маси нетелей за весь період тільності у тварин I і II груп він був більший на 47,0 і 43,0 кг або на 58 і 53 % (P<0,01) у порівнянні з аналогами III групи.

За результатами визначення динаміки приросту живої маси нетелей за період тільності було проведено багатокритеріальний аналіз (табл. 2).

Таблиця 2

Багатокритеріальний аналіз динаміки живої маси нетелей за період тільності

Показники		Група		
		I	II	III
Вік запліднення, міс.		1	1,0365	1,373
Жива маса при заплідненні, кг		1,3593	1,22247	1
Перші 3 місяці тільності (92 дні)	Приріст: - валовий, кг	1	1,0308	1,3674
	- середньодобовий, г	1	1,0312	1,3678
	Витрати на приріст: - ОЕ, МДЖ	1	1,0396	1,3149
	- СП, г	1	1,0107	1,3473
Другі 3 місяці тільності (91 день)	Приріст: - валовий, кг	1	1,017	1,9355
	- середньодобовий, г	1	1,0172	1,9377
	Витрати на приріст: - ОЕ, МДЖ	1	1,0349	1,2235
	- СП, г	1	1,0629	1,4627
∑		10,3593	10,5033	14,3298
$N(C_k)$		0,03593	0,05033	0,43298

Встановлено, що для І групи цільова функція за розглянутими критеріями була меншою і становила 0,0359 при тому, що цільові функції ІІ і ІІІ групи були гіршими в 1,4 і 12,1 рази, відповідно. У той же час тварини ІІ групи переважали аналогів ІІІ групи в 8,6 рази.

Таким чином за результатами багатокритеріального аналізу встановлено перевагу тварин І і ІІ груп, вік плідного парування яких 14,8-15,3 місяців при живій масі 373-414 кг. Вони мали більшу інтенсивність росту живої маси в період тільності, витрачали менше енергії та сирого протеїну корму на кілограм приросту.

За результатами досліджень встановлено аналітичні залежності приросту живої маси нетелей (Y) від віку (X_1) і живої маси (X_2) на час запліднення, рівня спожитої обмінної енергії (X_3) і спожитого сирого протеїну (X_4). Було розроблено:

рівняння лінійної регресії

$$\mathbf{Y=986,868-45,582X_1+1,379X_2-18,930X_3+1,316X_4} \quad (1)$$

R = 0,537; F = 23,81;

неповної квадратичної регресії

$$\mathbf{Y=481,377-110,858X_1+11,882X_2-67,158X_3+2,378X_4+1,37X_1^2-0,10X_2^2+0,260X_3^2+X_4^2} \quad (2)$$

R = 0,560; F = 13,185;

частково неповної квадратичної регресії

$$\mathbf{Y=438,061-120,126X_1+12,467X_2-67,162X_3+2,319X_4+6,322X_1^2-0,11X_2^2+X_4^2-1,83X_1X_4+0,01X_2X_4+0,40X_3X_4} \quad (3)$$

R = 0,576; F = 11,354.

Другий напрям досліджень включав вивчення впливу сезону року на запліднення нетелей та їх розвиток. Встановлено, що нетелі І-ІІІ груп переважали тварин ІV групи за весь період тільності: в перші 3 місяці – на 10-20 кг, від 4 до 6 місяців - на 13-16 кг, а в останню третину тільності – на 10 кг (табл. 3). Різниця приростів за весь період тільності тварин І-ІІІ груп в порівнянні з нетелями ІV групи була більшою, але статистично ця різниця була недостовірною.

В результаті проведеного аналізу встановлено, що за різних сезонів року при плідному паруванні телиць в даному стаді була не суттєва різниця приросту живої маси, яка не впливала на розвиток нетелей і на молочну продуктивність корів-первісток (табл. 3).

Варто вказати, що жива маса нетелей І-ІІІ дослідних груп була практично однаковою. Тварини ІV групи поступались їм на 10,0-20,0 кг у перші 3 місяці тільності, у наступні 4-6 місяців тільності на 13,0-16,0 кг і в 7-9 місяців тільності на 10 кг.

Таблиця 3

Вплив сезону року за запліднення телиць на розвиток нетелей, кг

Жива маса		Сезон запліднення			
		зимовий (I група)	Весняний (II група)	літній (III група)	осінній (IV група)
При паруванні		419±12,0	402±6,27	418±10,0	391±5,04
По місяцях тільності	1 місяць	426±7,10	422±5,75	439±9,14	416±4,21
	2 місяць	449±6,67	446±6,58	460±8,03	441±4,52
	3 місяць	473±6,07	470±6,96	481±7,55	463±4,22
	4 місяць	496±6,23	498±2,44	504±6,72	485±4,85
	5 місяць	520±5,58	522±5,78	523±5,68	508±3,94
	6 місяць	543±5,19	540±6,40	542±4,22	528±3,72
	7 місяць	559±4,54	560±6,44	558±4,06	545±7,66
	8 місяць	570±3,72	570±3,50	570±3,94	559±3,57
	9 місяць	587±3,21	585±4,45	582±4,25	581±4,53

Залежно від сезону запліднення тварин було проаналізовано їх молочну продуктивність (табл. 4). Встановлено, що тварини I-III груп переважали аналогів з IV групи на 35,0-99,0 кг молока, але різниця була статистично недостовірна.

Таблиця 4

Молочна продуктивність тварин залежно від сезону їх запліднення

Сезони року	Групи	Надій за 305 днів лактації, кг	Вміст жиру, %	Вміст білка, %
Зимовий	I	6657±217	3,55±0,63	2,95±0,02
Весняний	II	6612±193	3,36±0,02	2,93±0,01
Літній	III	6676±226	3,36±0,02	2,98±0,02
Осінній	IV	6577±241	3,41±0,02	2,94±0,01

Із вищевказаного можна зробити висновок, що сезони року при осіменінні телиць суттєво не впливають на їх подальший розвиток і наступну молочну продуктивність тварин даного стада.

Висновки:

1. Встановлено, що нетелі, які були запліднені у віці 14,8-15,3 місяців при живій масі 373-414 кг мали більшу інтенсивність росту живої маси в період тільності, витрачали менше енергії та сирого протеїну корму на кілограм приросту. За результатами багатокритеріального аналізу цільова функція була меншою.

2. Сезон року при плідному паруванні телиць в даному стаді не мав суттєвого впливу на їх розвиток в період тільності та подальшу молочну продуктивність.

Бібліографічний список

1. Гутченко Г. А. Особливості холодного методу утримання телят. *Студентський науковий вісник МНАУ*. 2017. Вип. 2 (13). Ч. 2. С. 50–54.

2. Сичова О. О. Інтенсивність росту молодняку великої рогатої худоби залежно від його морфо-функціонального статусу в неонатальний період. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2009. Вип. 138. С. 47–51.

3. Prasad Vara W .L. N. V., Srinivasa Naik H., Nasreen A., Ramana Murthy R. V., Srilatha Ch., Sujatha K., Phaneedra M. S. S. V. A Case of Cutaneous Apocrine Adenocarcinoma in a 10 days old Buffalo calf. *Journal of Livestock Sci*. 2017. Vol. 8. P. 35–37.

4. Підпала Т. В., Остапенко О. М., Ясевін С. Є., Дровняк О. В., Марикіна О. С., Гребенюк Н. В. Інтенсивні технології у молочному скотарстві: монографія; за ред. проф. Т. В. Підпалої. Миколаїв, 2018. 250 с.

5. Шаловило С. Г., Щербатий З. Є. Шляхи підвищення продуктивності корів у молочному скотарстві. *Сільський господар*. 2006. №11–12. С. 3–5.

6. Шкурко Т. П. Направлене вирощування ремонтних телиць молочних порід. *Корми і факти*. 2012. №08(24). С. 24–27.

7. Панкєєв С. П., Пилипенко Ю. П. Перспективна технологія спрямованого вирощування молодняку в молочному скотарстві. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 260–267.

8. Ettema J. F., Santos J. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *J. Dairy Sci*. 2004. Vol. 87. Iss. 8. P. 2730–2742. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73400-1.

9. Lopes G., Jr., C. Johnson, L. Mendonça, P. Silva, J. Moraes, A. Ahmadzadeh, J. Dalton, Chebel R. Evaluation of reproductive and economic outcomes of dairy heifers inseminated at induced estrus or at fixed time after a 5-day or 7-day progesterone insert-based ovulation synchronization protocol. *J. Dairy Sci.* 2013. Vol. 96. P. 1612–1622. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5971.

10. Silva, T. V., Lima, F., Thatcher, W., Santos J. Synchronized ovulation for first insemination improves reproductive performance and reduces cost per pregnancy in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 2015. Vol. 98. P. 7810–7822. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9704.

11. Tozer P. R., Heinrichs A. J. What affects the costs of raising replacement dairy heifers: a multiple-component analysis. *J Dairy Sci.* 2001. Vol. 84. Iss. 4. P. 1836–1844. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74623-1.

12. Gabler M. T., Tozer P. R., Heinrichs A. J. Development of a cost analysis spreadsheet for calculating the costs to raise a replacement dairy heifer. *J Dairy Sci.* 2000. Vol. 83. Iss. 5. P. 1104–1109. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74975-7.

13. Heinrichs A. J., Jones C. M., Gray S. M., Heinrichs P. A., Cornelisse S. A., Goodling R. C. Identifying efficient dairy heifer producers using production costs and data envelopment analysis. *J Dairy Sci.* 2013. Vol. 96. Iss. 11. P. 7355–7362. https://doi.org/10.3168/jds.2012-6488.

14. Mohd Nor N., Steeneveld W., Derkman T. H. J., Verbruggen M. D., Evers A. G., de Haan M. H. A., Hogeveen H. The total cost of rearing a heifer on Dutch dairy farms: calculated versus perceived cost. *Irish Vet J.* 2015. Vol. 68. P. 29. https://doi.org/10.1186/s13620-015-0058-x.

15. PiskunV. I., Yatsenko Yu. V., Yatsenko Yu. Yu. The concept of optimization of technological solutions of agricultural production. *Modern engineering and innovative technologies*. Germany, 2020. Iss. 12. P. 1. P. 5-11. https://doi.org/10.30890/2567-5273.2020-12-01-015.

References

1. Hutchenko, H. A. (2017). Osoblyvosti kholodnoho metodu utrymannia teliat [Peculiarities of the cold method of keeping calves]. *Studentskyi naukovyi visnyk MNAU*

– *Student scientific bulletin of the Mykolaiv National Agrarian University*. 2 (13), 2, 50–54 [in Ukrainian].

2. Sychova, O. O. (2009). Intensyvnist rostu molodniaku velykoi rohatoi khudoby zalezhno vid yoho morfo-funktsionalnoho statusu v neonatalnyi period [Growth intensity of young cattle depending on its morphological and functional status in the neonatal period]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy – Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*. 138, 47–51 [in Ukrainian].

3. Prasad, Vara W .L. N. V., Srinivasa, Naik, H., Nasreen, A., Ramana, Murthy R. V., Srilatha, Ch., Sujatha, K., & Phaneedra, M. S. S. V. A. (2017). Case of Cutaneous Apocrine Adenocarcinoma in a 10 days old Buffalo calf. *Journal of Livestock Science*. 8, 35–37.

4. Pidpala, T. V., (Ed.) Ostapenko, O. M., Yasevin, S. Ye., Drovniak, O. V., Marykina, O. S., & Hrebeniuk, N. V. (2018). *Intensyvni tekhnolohii u molochnomu skotarstvi* [Intensive technologies in dairy farming]: monohrafiia. Mykolaiv, 250 [in Ukrainian].

5. Shalovylo, S. H., & Shcherbatyi, Z. Ye. (2006). Shliakhy pidvyshchennia produktyvnosti koriv u molochnomu skotarstvi [Ways to increase the productivity of cows in dairy farming]. *Silskyi hospodar – Village owner*. 11-12, 3–5 [in Ukrainian].

6. Shkurko, T. P. (2012). Napravlene vyroshchuvannia remontnykh telyts molochnykh porid [Directed breeding of repair heifers of dairy breeds]. *Kormy i fakty – Fodder and facts*. 24, 24–27 [in Ukrainian].

7. Pankieiev, S. P., & Pylypenko, Yu. P. (2021). Perspektyvna tekhnolohiia spriamovanoho vyroshchuvannia molodniaku v molochnomu skotarstvi [Promising technology of targeted breeding of young animals in dairy farming]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*. 118, 260–267 [in Ukrainian].

8. Ettema, J. F., & Santos, J. (2004). Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *Journal of Dairy Science*. 87, 8, 2730–2742. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73400-1.

9. Lopes, G., Jr., C. Johnson, L. Mendonça, P. Silva, J. Moraes, A. Ahmadzadeh, J. Dalton, & Chebel, R. (2013). Evaluation of reproductive and economic outcomes of dairy heifers inseminated at induced estrus or at fixed time after a 5-day or 7-day progesterone insert-based ovulation synchronization protocol. *Journal of Dairy Science.* 96, 1612–1622. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5971.

10. Silva, T. V., Lima, F., Thatcher, W. & Santos, J. (2015). Synchronized ovulation for first insemination improves reproductive performance and reduces cost per pregnancy in dairy heifers. *Journal of Dairy Science.* 98, 7810–7822. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9704.

11. Tozer, P. R., & Heinrichs, A. J. (2001). What affects the costs of raising replacement dairy heifers: a multiple-component analysis. *Journal of Dairy Science.* 84, 4, 1836–1844. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74623-1.

12. Gabler, M. T., Tozer, P. R., & Heinrichs A. J. (2000). Development of a cost analysis spreadsheet for calculating the costs to raise a replacement dairy heifer. *Journal of Dairy Science.* 83, 5, 1104–1109. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74975-7.

13. Heinrichs, A. J., Jones, C. M., Gray, S. M., Heinrichs, P. A., Cornelisse, S. A., & Goodling, R. C. (2013). Identifying efficient dairy heifer producers using production costs and data envelopment analysis. *Journal of Dairy Science.* 96, 11, 7355–7362. https://doi.org/10.3168/jds.2012-6488.

14. Mohd, Nor N., Steeneveld, W., Derkman, T. H. J., Verbruggen, M. D., Evers, A. G., de Haan, M. H. A., & Hogeveen H. (2015). The total cost of rearing a heifer on Dutch dairy farms: calculated versus perceived cost. *Irish Veterinary Journal.* 68, 29. https://doi.org/10.1186/s13620-015-0058-x

15. Piskun, V. I., Yatsenko, Yu. V., & Yatsenko, Yu. Yu. (2020). The concept of optimization of technological solutions of agricultural production. *Modern engineering and innovative technologies*. Germany. 12, 1, 5-11. https://doi.org/10.30890/2567-5273.2020-12-01-015.

THE FORMATION OF HEIFERS' AND SPRINGER HEIFERS' PRODUCTION TRAITS UNDER THE INFLUENCE OF PARATYPIC FACTORS

Antonenko S. F., Piskun V. I., Admina N. G., Admin O. Ye., Zolotarov A. P., Trishyn O. K., Institute of Animal Science NAAS

The influence of age and live weight at conception on the consumption of metabolizable energy and crude protein during 6 months of pregnancy, processes of their growth and development was studied. The gain of live weight of springer heifers during the first three months of pregnancy was determined to be 67,0±3,66 kg in group I, 65,0±5,26 kg in group II and 49,0±4,40 kg in group III. Studying the growing power of the animals during 0-3 months (92 days) of pregnancy, the springer heifers of groups I and II were found to be superior to the herdmates of the group III by 196g and 174g or 26,9 and 24,4% (p<0,01) in terms of the average daily gain. Comparing the characteristics of the live weight gain at 4-6 months (92 days) of pregnancy, the springer heifers of groups I and II were found to be significantly superior to their analogues in group III by 29.0 and 28.0 kg. The springer heifers of groups I and II outweighed their herdmates of group III by 316 and 305 g or 43,4% and 47,5% (p<0,001) in terms of the average daily gain. It is necessary to underline that animals of groups I and II had higher gain of live weight during the whole experimental period by 47,0 and 43,0 kg or 58 and 53% as compared to the analogues of group III.

According to the results of multicriteria analysis, for group I the objective function was determined to be lower and was 0.0359 on the examined criteria, while the objective functions of groups II and III were worse at 1.4 and 12.1 respectively. At the same time, the animals in group II were 8.6 times superior to their analogues in group III. It indicates the superiority of animals in groups I and II with a productive mating age of 14.8-15.3 months and a live weight of 373-414 kg. They had a more intensive gain of live weight during pregnancy and spent less energy and crude protein feed per kilo of gain.

The linear, partial quadratic and partial quadratic regressions were developed to describe the correlation between the increase of live weight of heifers and their age and live weight at the time of conceiving and the consumed metabolizable energy and crude protein for 6 months of pregnancy.

The season of the year was determined to have no significant impact on the heifers' development during the pregnancy period in the herd and their further milk productivity.

Keywords: springer heifers, live weight, average daily gain, grow intensity, reproductive functions, multicriteria analysis, regression model, season of the year.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-80-94
УДК 677.31:636.035

ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОВНИ ОВЕЦЬ ПРИДНІПРОВСЬКОЇ М'ЯСНОЇ ПОРОДИ РІЗНОЇ СТАТІ ТА ГЕНОТИПУ

Бойко Н. В., к. с.-г. н., https://orcid.org/0000-0001-6742-8456
Корх І. В., к. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0002-8077-895X
Помітун І. А., д. с.-г. н., проф., https://orcid.org/0000-0002-7743-3600
Косова Н. О., к. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0001-7353-1994
Руденко Є. В., д. вет. н., чл.-кор. НААН, https://orcid.org/0000-0002-2200-2758
Інститут тваринництва НААН

Формування комплексних знань щодо оцінювання фізико-технічних параметрів вовни овець залежно від статі та генотипу, є однією із проблем біології тварин, що обумовлена запитами теорії і практики вівчарства, а також вовнопереробної промисловості, незважаючи на виробництво все більшої кількості синтетичних і штучних волокон. На сьогодні обов'язкове оцінювання фізико-технічних параметрів вовни регламентовано діючими державними стандартами та інструкціями з ведення племінної роботи, що визначає ефективність селекції щодо подальшого удосконалення порід овець. Тим не менш, наявна інформація в переважній більшості джерел літератури про якість вовни стосується овець м'ясо-вовнового та вовново-м'ясного напряму продуктивності. Щодо овець м'ясного напряму продуктивності, зокрема новостворених вітчизняних порід, такі матеріали майже відсутні, що обумовлює актуальність виконаної роботи.

У представленій статті наведено результати лабораторної оцінки відмінностей показників якості вовни овець придніпровської м'ясної породи у зв'язку з їх статтю і генотипом. Об'єктом дослідження є ярки, баранці, вівцематки та барани-плідники. Експерименти проведено в умовах аналітичної лабораторії з оцінки якості вовни і селекційного центру з вівчарства Інституту тваринництва НААН. Одержані дані свідчать про те, що яркам лінії 024/063 (Мл) притаманна більша довжина вовни на порівнюваних топографічних ділянках руна, а саме: на спині (на 23–69 %), череві (на 25–30 %), стегні (на 2,5–4,6 %). Для маток і баранів-плідників цієї лінії властива й більша довжина вовни на череві. Зареєстровано, що у межах оцінюваних топографічних ділянок руна найбільшою вирівняністю вовни за довжиною характеризувались вівці усіх статево-вікових груп, які належали до лінії 024/063 (Мл). Попри зазначені відмінності за показником тонини вовни піддослідні вівці цих груп є досить однорідними. Тонина вовни в групах маток і ярок знаходиться в межах 58–60 сортиментів якості, у ремонтних баранців та баранів-плідників – 56–60 сортиментів якості.

Ключові слова: **барани-плідники, баранці, вівцематки, вовна, генотип, фізико-технічні показники, ярки.**

В Україні розводять близько 20-ти унікальних порід і типів овець різного напряму продуктивності, які пристосовані до її природно-кліматичних умов. Переважна частка поголів'я овець належить до порід комбінованого напряму продуктивності – м'ясо-вовнового та вовново-м'ясного [1]. Враховуючи зазначене ключова увага селекціонерів в роботі з цими породами приділяється нарощуванню потенціалу вовнової та м'ясної продуктивності. Разом із тим, відомо, що чим більше ознак враховувати при доборі тварин, тим нижчим є прогрес в селекції. То-

му останнім часом надається увага створенню порід овець вузькоспеціалізованого напряму, переважно м'ясного. Це може супроводжуватися зниженням як загального рівня вовнової продуктивності, так і якості руна, що наочно простежується за показником зниження довжини та валового виробництва настригів у розрахунку на одну вівцю.

Водночас, вовна залишається універсальною продукцією, що користується широким споживчим попитом як на національному, так і зовнішньому ринку, перш за все, за вдяки високим фізико-технічним характеристикам, котрі природно впливають на комфорт споживача [2, 3], її довговічність [4] та текстильні властивості [5]. Тим паче вовна не є однорідним біологічним об'єктом, оскільки її фізико-технічні характеристики залежать від стратегії управління селекційним процесом [6, 7], методів розведення овець [8-10], умов годівлі [11, 12], віку [13, 14], статі [15, 16], сезону року [17, 18] та ін.

Наразі серед широкого розмаїття фізико-технічних показників оцінки вовни щільність – одна з найбільш значущих ознак, що визначають її якість, теплозахисні властивості та зносостійкість готових виробів. Діаметр вовни відноситься до середньої ширини одного поперечного перетину штапелю [19]. Вимірюється в мікронах, що дорівнює одиниці тисячної частки міліметра [20, 21] і є широко визнаною головною характеристикою за оцінки її якості та цінності пряжі [22–24], що становить близько 75 % від загальної вартості митої вовни [25, 26]. Середній діаметр волокон на різних топографічних ділянках руна може варіювати значно, зважаючи на дію різноманітних як паратипових, так генотипових чинників [5].

З іншого боку, в сукупній атестації технологічних властивостей вовни, все більшу і визначальну роль відіграє довжина [19, 23, 27], що розкриває основу її виробничого призначення та тонина, яка безпосередньо взаємопов'язана з довжиною та міцністю. Важливість довжини вовни як ознаки, що ототожнюється з якістю вовни, зумовлена показником тривалості її обробки. Наголошується, що зазвичай вовна з довшою довжиною штапелів більш комерційно бажана, оскільки її, як правило, легше обробляти, вовнопрядильні машини дають менше зупинок і зрештою, можна виробляти міцнішу та рівномірну пряжу, порівняно з відносно короткими штапелями [5, 23, 28]. Чим більша довжина вовни за рівноцінності інших умов, тим вищий і настриг. У свою чергу тонина вовнового покриву віддзеркалює ступінь ніжності волосяного покриву в готовому напівфабрикаті. Надмірна витонченість вовни на поверхні штапелю є щонайпершим і показовим показником стану руна з наявністю вад. Цінною ознакою вовни також є і звивистість, яка визначає її пружність і водночас асоціюється з іншими технологічними властивостями [29]. Тобто, кожна з наведених вище характеристик відіграє істотну роль у формуванні вовнової продуктивності овець, натомість не врахування цих параметрів за об'єктивної їх оцінки може призвести до знецінення руна, і, в кінцевому рахунку, – до зниження рівня рентабельності виробництва вовни.

За таких умов інтенсивне створення нових порід овець спеціалізованого м'ясного напряму продуктивності, а також покращення існуючих щодо підвищення показників інтенсивності росту, відгодівельних і м'ясних якостей є одним із пріоритетів, який обумовлений ринком, коли попит на м'ясо перевищує потребу у вовні, і така ситуація вряд чи зміниться найближчим часом.

Тим не менш, на цей час, в Інституті тваринництва НААН всебічно досліджено та одержано нові дані щодо комплексної оцінки вовни овець м'ясо-вовнового напряму продуктивності, одержаних за різних варіантів застосованих методів підбору, спрямованих на покращення якості вовни. У контексті цього, окремі питання у зв'язку зі змінами в породній структурі стад, кліматичних умов, перео-

рієнтацією напряму виробництва продукції та ін. все ще залишаються неповною мірою обґрунтованими.

У проведеному дослідженні істотно поглиблено сучасні знання щодо основних параметрів якості вовни овець новоствореної придніпровської м'ясної породи у зв'язку зі статтю і генотипом, які стануть конструктивним підґрунтям щодо подальшого розвитку комплексних довідникових даних в області біології цієї породи та інформативним матеріалом для формування комп'ютерних баз даних продуктивних ознак. Разом із тим, бачення важливих аспектів розвитку якісних характеристик вовни цих овець сприятиме організації заходів із управління процесами використання сировини на етапі первинної обробки та удосконалення технологічних процесів її переробки, підтверджуючи цим актуальність, методологічну основу і практичну цінність проведеної роботи.

Мета досліджень – дослідити основні показники якості вовни овець придніпровської м'ясної породи залежно від статі та генотипу.

Матеріали і методи досліджень. Експериментальну частину роботи викували на поголів'ї овець новоствореної придніпровської м'ясної породи СФГ „Дослідне" Семенівського району Полтавської області, яке було придбано в племрепродукторі ТОВ АФ „Барвінківська" Харківської області. Попередньо провели бонітування ярок і баранців річного віку, баранів-плідників та вівцематок. Зважаючи на результати цієї оцінки виділили тварин, що належать до основної існуючої лінії № 957 (умовна позначка МТ), до створюваної лінії в м'ясному типі (умовна позначка МТЛ), лінії, створеної за прилиття крові мериноландшаф – № 024/063 (умовна позначка Мл). Також визначили умовні фенотипи з урахуванням відхилень у бік батьківської форми – породи Олібс (умовна позначка МОл) та материнської форми – Дніпропетровський тип АМВП (умовна позначка МДт).

Вихід митої вовни фіксували за результатами лабораторного промивання зразків. Відношення маси митої вовни за кондиційної вологості до першопочаткової маси немитої вовни вважали величиною виходу митої вовни, що виражали у відсотках.

Природну довжину вовни вивчали в натуральному стані шляхом вимірювання штапелю без порушення його структури та розпрямлення звивистості. Істинну – за довжиною штапелю в розпрямленому стані без розтягування. Вимірювання здійснювали міліметровою лінійкою з точністю вимірювання до ±1 мм.

Тонину вовни реєстрували у якостях з подальшим розподілом тварин (%) за цією ознакою.

Звивистість вовни оцінювали за підрахунку кількості завитків на один сантиметр та характером їх розповсюдження по загальній довжині штапелів.

Колір забарвлення і кількість жиропоту встановлювали окомірно.

Топографічні зміни довжини вовни у вівцематок, баранів-плідників, баранців та ярок досліджували на 4-х різних ділянках руна (бік, спина, черево, стегно). Вирівняність вовни на різних топографічних ділянках руна розраховували у відсотках до цих показників на боці.

Під час виконання маніпуляцій із тваринами дотримувалися біоетичних вимог Закону України „Про захист тварин від жорстокого поводження" [30]. Програма досліджень погоджена з комітетом по біоетиці Інституту тваринництва НААН.

Одержаний у досліді цифровий матеріал опрацьовували методом варіаційної статистики з визначенням X±Sx.

Результати досліджень. За результатами проведених досліджень виявлено досить чітку залежність довжини вовни ярок від топографічної ділянки ру-

на (табл. 1). Розглядаючи одержані результати лінійних параметрів вовни, варто вказати на загальну спрямованість змін величин природної довжини на різних ділянках руна ярок усіх груп, коливання котрих зменшувались у напрямі від боку до черева від 27,0 % до 53,2 %, тоді як істинної довжини вовни – від 8,0 % до 34,6 %. Найбільш значущі відмінності за природною довжиною вовни на спині та череві можна відмітити між ярками Мл та МДт, які мали вірогідний характер на рівні $p<0,05$.

Таблиця 1

Вирівняність та топографічні зміни природної та істинної довжини вовни ярок

Показник	Генотип			
	МОл	Мл	МДт	МТ
Спина				
Природна довжина, см	6,50	11,00±0,32	8,90±0,56	8,00±0,94
Істинна довжина, см	10,00	14,40±0,62	11,80±0,80	11,50±1,17
Бік				
Природна довжина, см	14,50	12,70±0,73	11,80±0,86	11,13±0,83
Істинна довжина, см	16,00	15,10±0,95	13,10±0,94	12,63±0,75
Черево				
Природна довжина, см	8,00	10,00±0,32	7,70±0,73	7,88±0,92
Істинна довжина, см	12,50	13,10±0,75	10,10±0,66	9,38±1,43
Стегно				
Природна довжина, см	12,00	12,30±0,77	12,00±0,69	11,75±0,72
Істинна довжина, см	13,50	14,10±0,58	14,00±1,18	13,13±0,63
% до показника на боці				
спина	44,8	86,6	75,4	71,9
черево	55,2	78,8	65,3	70,8
стегно	82,8	96,9	101,7	105,6

В ярок МОл відзначається найвища невирівняність вовни за довжиною, обумовлена максимальними її величинами на боці, інтенсивність росту якої була значно вищою ніж у ровесниць Мл, МДт і МТ, а саме: природної на 1,80; 2,70 і 3,37 см або 14,2; 22,9 і 30,3 % та істинної – на 0,90; 2,90 і 3,37 см або 6,0; 22,1 і 26,7 %. При цьому вовна на спині у них була найкоротшою.

Домінування ярок МДт над представницями МТ щодо збільшення природної та істинної довжини вовни становила в області спини, боку та стегна відповідно 0,90; 0,67 і 0,25 см або 11,3; 6,0 і 2,1 %. Стосовно абсолютних величин природної довжини вовни на череві виявилось, що ярки МДт, навпаки, поступалися особинам МТ на 0,18 см або 2,3 %. Тоді як аналогічні кількісні зміни істинної довжини вовни між цими ярками становили відповідно 0,30; 0,47; 0,72 і 0,87 см або 2,6; 3,7; 7,7 і 6,6 % на користь перших.

Достатньо вирівняною за природною довжиною на різних топографічних ділянках руна є вовна ярок генотипу Мл, оскільки розбіжність між топографічними ділянками руна у них не перевищувала 21,2 %. Зокрема, за цим показником, виміряним на спині, вони переважали ровесниць МОл на 32,4 %, МДт – на 11,2 % і МТ – на 14,7 %. Аналогічна картина відмічалася й в області черева, однак різниця між генотипами дещо нівелювалась і становила відповідно 12,1; 13,5 і 8,0 %. Тоді як за природною довжиною ярки генотипу Мл поступалися особинам генотипу МОл на 24,0 %, МДт – на 4,8 % і МТ – на 8,7 %.

Разом із тим, фізико-технічні властивості вовни ярок різних генотипів відзначалися більшою варіабельністю (табл. 2).

Таблиця 2

Фізико-технічні показники вовни ярок різних генотипів

Показник	Генотип			
	МОл	Мл	МДт	МТ
Частка тварин з тониною вовни (в якостях), %: 64	–	–	–	–
64/60	–	–	–	25
60	100	40	–	25
58	–	60	80	50
58/56	–	–	–	–
56	–	–	20	–
Частка тварин із кольором жиропоту, %: білий	–	–	–	–
світлий	100	40	80	50
світло-кремовий	–	40	–	50
кремовий	–	20	20	–
Кількість завитків, шт/1 см^2	4,00	3,60±0,24	3,40±0,24	3,25±0,25
Кількість жиропоту, в балах	5,0	3,8	3,0	4,0
Вихід митої вовни, %	44,06	48,65±2,09	42,90±1,56	41,06±2,50

Експертна оцінка вовни при бонітуванні дала змогу констатувати, що у всіх ярок генотипу МОл на боці вона мала тонину 60-ї якості, але набагато товща була у особин генотипу МДт, серед яких переважна частина (80 %) характеризувалася тониною 58-ї якості, а у окремих представниць (20 %) виявлений сортимент 56-ї якості.

Тонина у більшості (60 %) оцінених ярок генотипу Мл знаходилася в межах 58-ї якості, разом із тим, незначну їх питому частку (40 %) було віднесено до сортименту 60-ї якості. В цілому з оцінених 14 голів ярок 64,3 % мали вовну 58 якості, 21,5 % – 60-ї та 7,1 % – відповідно 64-ї та 56-ї якості.

Світлий колір жиропоту мали усі руна ярок генотипу МОл, що на 60; 20 і 50 % більше, ніж у ровесниць генотипів Мл, МДт і МТ. Ярки МТ з аналогічним кольором жиропоту також на 10 % перевершували особин генотипу Мл. Разом із цим, із загальної чисельності виокремлено тварин, які мали кремовий жиропіт. Таких тварин серед ярок генотипів Мл і МДт була рівнозначна кількість (по 20 %). Тоді як бажаний білий колір жиропоту у вовні піддослідних ярок був відсутній. Серед загальної вибірки ярок у восьми голів (57,1 %) було зафіксовано світлий колір жиропоту, чотирьох голів (28,6 %) – світло-кремовий та двох голів (14,3 %) – кремовий.

Максимальну ступінь звивистості на 1 см довжини штапелю мали ярки МОл, далі, у порядку зменшення величин цієї ознаки, йшли ровесниці Мл, МДт і МТ. Із підвищенням природної довжини вовни спостерігалась доволі чітка тенденція до зростання кількості завитків на 1 см довжини штапелю. Зокрема, ярки Мл за цим показником переважали ровесниць МДт на 5,9 % і МТ – 10,8 %.

Середній залік за якість жиропоту варіював від трьох балів у ярок генотипу МДт до п’яти балів – у ровесниць МОл. Але більша частка більш цінного в технологічному відношенні світлого жиропоту у вовні ярок МОл зумовила підвищення загальної залікової оцінки за його якість на 2,0 бала або 66,7 %. Решта ярок за ви-

значеною ознакою майже не різнились.

У цілому 46,7 % рун ярок характеризувались доброю звивистістю, оскільки мали чотири завитки та 53,3 % – три завитки на 1 см довжини штапелю. Бальна оцінка за якість жиропоту серед піддослідних ярок розподілилася наступним чином: п'ять балів були властиві 13,3 % рун, чотири – 66,7 % та три бали – 20,0 %.

Топографічні зміни природної та істинної довжини вовни вівцематок проілюстровано в табл. 3.

Таблиця 3

Характеристика природної та істинної довжини вовни вівцематок залежно від ділянки руна

Показник	Генотип			
	МТЛ	Мл	МДт	МТ
Спина				
Природна довжина, см	5,00	8,00	8,75±1,25	8,67±1,17
Істинна довжина, см	7,00	10,00	12,25±0,25	11,83±1,17
Бік				
Природна довжина, см	6,50	9,00	8,25±1,75	10,00±0,00
Істинна довжина, см	8,00	11,0	10,00±2,50	11,33±0,17
Черево				
Природна довжина, см	4,00	8,50	7,00±0,00	6,50±0,29
Істинна довжина, см	4,50	10,50	9,50±1,50	8,50±0,50
Стегно				
Природна довжина, см	6,50	8,50	8,00±1,00	9,67±0,33
Істинна довжина, см	8,00	10,50	9,75±1,25	11,67±0,33
% до показника на боці				
спина	76,9	88,9	106,1	86,7
черево	61,5	94,4	84,8	65,0
стегно	100,0	94,4	97,0	96,7

Дослідженнями встановлено, що більш довгу вовну мали вівцематки МТ, які переважали представниць генотипів МТЛ, Мл і МДт за цим показником в області боку від 1,00 см до 3,50 см або від 11,1 % до 53,8 %; стегна – від 1,67 см до 3,17 см або від 20,9 % до 48,8 %. У той же час вони поступалися особинам генотипу МДт за природною довжиною вовни на спині – на 0,08 см або 0,9 % і череві – на 0,50 см або 7,1 %. Збільшення істинної довжини з урахуванням її розміщення на тілі у вівцематок генотипу МТ виявилось помітнішим в області боку на – 0,33–3,33 см або 3,0–41,6 %; стегна – на 1,17–3,67 см або 11,1–45,9 %.

Разом із тим, природній довжині вовни вівцематок генотипу Мл була притаманна висока ступінь вирівняності у межах руна, оскільки різниця між окремими топографічними ділянками не перевищувала 11,1 %. Тоді як для генотипу МДт ці відмінності становили 15,2 %.

Основні фізико-технічні показники вовни вівцематок різних генотипів представлено в табл. 4.

Загальною ознакою вовни вівцематок МТЛ, МДт і МТ є стовідсоткове представлення її тониною 58-ї якості, а Мл – стовідсотково 60-ї якості. У межах окремих кольорів жиропоту першість за наявністю світлого кольору була за вівцематками МТЛ, які переважали представниць МДт і МТ на 50 і 33 %. Вираженість цієї ознаки у вівцематок Мл також була високою, при різниці 50 % за наявністю у вовні кремового жиропоту з особинами МДт і 67 % – з генотипом МТ.

Таблиця 4

Фізико-технічні показники вовни вівцематок різних генотипів

Показник	Генотип			
	МТЛ	Мл	МДт	МТ
Частка тварин з тониною вовни (в якостях), %: 64	–	–	–	–
64/60	–	–	–	–
60	–	100	–	–
58	100	–	100	100
58/56	–	–	–	–
56	–	–	–	–
Частка тварин із кольором жиропоту, %: білий	–	–	–	–
світлий	100	–	50	67
світло-кремовий	–	–	–	–
кремовий	–	100	50	33
Кількість завитків, шт/1 см^2	4,00	4,00	3,50±0,50	3,33±0,33
Кількість жиропоту, в балах	4,0	4,0	4,0	3,7
Вихід митої вовни, %	32,73	39,25	54,60±0,43	51,29±1,02

Кількість завитків на 1 см штапелю у порівнюваних вівцематок усіх генотипів була майже однаковою. Але при підрахунку їх кількості у вівцематок МТЛ і Мл у середньому на 1 см довжини припадало на 0,5 і 0,7 завитки або 14,3 і 20,1 % більше, ніж у особин генотипів МДт і МТ. Якщо порівняти овець МДт і МТ, то різниця між ними становила 0,2 завитка на 1 см довжини штапелю або 5,1 %.

За підрахунку кількості завитків серед вівцематок виявилось лише 57,1 % рун, що мали звивистість чотири завитки і 42,9 % – три завитки, що у цілому характерне для вовни тониною 60-ї якості.

Структура розподілу рун вівцематок МТЛ, Мл і МДт за бальною оцінкою кількості жиропоту суттєво не відрізнялась від їх значень у представниць МТ. Крім того, із загальної чисельності вівцематок 85,7 % особин одержали оцінку чотири бали за кількість жиропоту, 14,3 % – три бали. Групи вівцематок МТ характеризувались найбільшими коливаннями бальної оцінки жиропоту. У складі цієї групи на частку тварин з оцінкою ,,задовільно" припадало 33,3 %.

За величинами природної довжини вовни баранців перевага була на користь генотипу МТЛ, а саме: в області спини на 2,30 і 2,67 см або 23,7 і 28,6 %; боку – на 1,80 і 1,67 см або 16,1 і 14,7 %; черева – на 0,80 і 0,40 см або 19,0 і 8,7 %; стегна – на 3,10 і 1,42 см або 31,3 і 41,8 % (табл. 5).

Щодо істинної довжини вовни відмічали аналогічну міжгрупову різницю на користь баранців МТЛ, порівняно з рештою груп, яка становила: на боці – на 3,30 і 2,83 або 27,0 і 22,3 % і череві – на 0,70 і 0,20 см або 11,1 і 2,9 %; спині – на 2,30 і 3,17 см або 18,1 і 26,8 % і стегні – на 2,20 і 2,67 см або 18,6 і 23,6 %.

Стосовно природної довжини вовни, то серед баранців усіх генотипів констатовано виразну й закономірну послідовність її збільшення в напрямі: бік→ стегно →спина→черево та істинної: спина→бік→стегно→черево. Вищою вирівняністю довжини вовни в межах руна характеризувалися баранці МТЛ, гіршою – Мл, а МОл – займали проміжне положення.

Таблиця 5

Зміни природної та істинної довжини вовни у баранців різних генотипів та її вирівняність в межах руна

Показник	Генотип		
	МТЛ	МОл	Мл
Спина			
Природна довжина, см	12,00	9,70±0,68	9,33±0,88
Істинна довжина, см	15,00	12,70±0,66	11,83±1,36
Бік			
Природна довжина, см	13,00	11,20±0,37	11,33±1,33
Істинна довжина, см	15,50	12,20±0,56	12,67±1,48
Черево			
Природна довжина, см	5,00	4,20±0,24	4,60±0,95
Істинна довжина, см	7,00	6,30±0,42	6,80±1,12
Стегно			
Природна довжина, см	13,00	9,90±0,60	9,17±1,48
Істинна довжина, см	14,00	11,80±0,44	11,33±1,74
% до показника на боці			
спина	92,3	86,6	82,3
черево	38,5	37,5	40,6
стегно	100,0	88,4	80,9

Якість вовни баранців різних генотипів відображено в табл. 6.

Таблиця 6

Фізико-технічні параметри вовни баранців різних генотипів

Показник	Генотип		
	МТЛ	МОл	Мл
Частка тварин з тониною вовни (в якостях), %: 64	–	–	–
64/60	–	–	–
60	–	–	77
60/58	–	–	33
58	100	80	–
58/56	–	20	–
56	–	–	–
Частка тварин із кольором жиропоту, %: білий	–	20	33
світлий	–	40	33
світло-кремовий	–	40	33
кремовий	100	–	–
Кількість завитків, шт/1 см^2	4,00	3,40±0,24	4,33±0,67
Кількість жиропоту, в балах	4,0	4,0	4,7
Вихід митої вовни, %	40,13	53,73±3,59	54,58±3,98

Стосовно фізико-технічних параметрів якості рун можна зазначити, що збільшення довжини вовни супроводжувалось її потовщенням. Зокрема, тонина

вовни баранців МТЛ була в межах одного сортименту 58-ї якості (100 %). Майже 80 % рун баранців МОл мали вовну 58-ї якості та 20 % – перехідної від 58-ї до 56-ї якості. Більш тонкою виявилась вовна у баранців Мл (77 % – 60-ї якості та 33 % 60/58-ї якості).

Баранці МТЛ характеризувалися одноманітністю забарвлення жиропоту (мали лише кремовий колір). Тоді як у баранців Мол, проти ровесників Мл, переважав світлий і світло-кремовий колір жиропоту на 7 %.

Маючи меншу тонину вовни, баранці Мл за кількістю завитків на одиниці довжини штапелю на рівні тенденції переважали ровесників МТЛ і Мол на 0,3 і 0,9 завитка або 8,3 і 27,4 %.

Характерно, що вовна усіх піддослідних тварин характеризувалася високою якістю жиропоту, оскільки величина його оцінки знаходилася у межах від 4,0 до 4,7 балів. Стосовно баранців Мл, порівняно з тваринами МТЛ і МОл, то ця ознака в них була незначно вищою на 17,5 % в обох випадках порівняння. Загалом звивистість вовни в розрізі піддослідних груп виявилась досить неоднорідною: 22,2 % зразків мали п’ять, 33,3 % – чотири завитки на 1 см довжини штапелю. Однак, при високій оцінці вибірки виявлено 44,4 % особин, які мали й три завитки. При оцінці немитої вовни ремонтних баранців основну кількість у ній жиропоту, незалежно від групи, було оцінено у чотири (77,8 %) і п’ять (22,2 %) балів.

Тим часом більшою природною та істинною довжиною вовни майже на всіх топографічних ділянках тулуба відзначалися барани-плідники генотипу МОл. Але відмінність між ними і генотипом МЛ виявилась не суттєвою відповідно: на ділянці спини 1,00 і 0,75 см або 11,8 і 6,5 %; боку 0,50 см в обох випадках порівняння або 4,8 і 4,0 % і стегна – на 0,50 і 1,25 см або 18,8 і 12,5 % (табл. 7).

Таблиця 7

Топографічні зміни природної та істинної довжини вовни баранів-плідників різних генотипів

Показник	Генотип	
	МОл	Мл
Спина		
Природна довжина, см	9,50±0,00	8,50
Істинна довжина, см	12,25±0,25	11,50
Бік		
Природна довжина, см	11,00±1,00	10,50
Істинна довжина, см	13,00±0,50	12,50
Черево		
Природна довжина, см	4,00±0,00	4,50
Істинна довжина, см	5,50±0,00	6,50
Стегно		
Природна довжина, см	9,50±0,50	8,00
Істинна довжина, см	11,25±0,25	10,00
% до показника на боці		
спина	86,4	81,0
черево	36,4	42,9
стегно	86,4	76,2

Зниження як природної, так і істинної довжини вовни у баранів-плідників Мл супроводжувалося пропорційним погіршення вирівняності волокон в межах

рун, тоді як дещо вищим цей показник відмічався у особин генотипу МОл. Завдяки більшій довжині вовни на спині та стегні вищою її вирівняністю у межах руна характеризувалися барани МОл.

Основні фізико-технічні параметри оцінки якості вовни баранів-плідників наведено у табл. 8.

Таблиця 8

Фізико-технічні параметри вовни баранів-плідників різних генотипів

Показник	Генотип	
	МОл	Мл
Частка тварин з тониною вовни (в якостях), %: 64	–	–
64/60	–	–
60	–	100
60/58	–	–
58	50	–
58/56	50	–
56	–	–
Частка тварин із кольором жиропоту, %: білий	–	100
світлий	100	–
світло-кремовий	–	–
кремовий	–	–
Кількість завитків, шт/1 см^2	3,50±0,50	3,00
Кількість жиропоту, в балах	5,0±0,00	5,0
Вихід митої вовни, %	54,15±2,00	45,58

Варто зазначити, що вовна баранів-плідників за якістю була найкращою серед решти досліджених статево-вікових груп овець. Зокрема, особини генотипу Мл мали стовідсотковий залік вовни тониною 60-го сортименту. Втім плідники МОл відрізнялись від них дещо грубішою вовною, яка на 50 % була представлена 58-ю якістю та 50 % – перехідною від 58-ї якості до 56-ї якості.

За показником оцінки кольору жиропоту різниці між порівнюваними групами плідників не встановлено, хоча в обох випадках він мав найвищу оцінку. Зокрема, 100 % рун у баранів Мл мали білий колір жиропоту, тоді як у плідників Мол аналогічна кількість рун була представлена з світлим забарвленням жиропоту.

Кількість завитків на 1 см довжини штапелю в групі МОл, була дещо більшою на 0,5 штуки або 16,7 %, порівняно з особинами Мл. Тоді як середній бал, одержаний за якість жиропоту в плідників обох генотипів, становив п’ять балів.

Серед загальної чисельності відібраних зразків 66,7 % були представлені зі звивистістю три завитки і 33,3 % – чотири завитки на 1 см довжини штапелю.

Висока різноманітність показників виходу митої вовни, а також обмеженість окремих вибірок не дали змоги виявити вірогідної різниці між порівнюваними статево-віковими групами овець.

Висновки:

1. Установлено, що яркам лінії 024/063 (Мл) притаманна більша довжина вовни на порівнюваних топографічних ділянках руна, а саме: на спині (на 23–

69 %), череві (на 25–30 %), стегні (на 2,5–4,6 %). Для маток і баранів-плідників цієї лінії властива й більша довжина вовни на череві.

2. Продемонстровано, що у межах оцінюваних топографічних ділянок руна найбільшою вирівняністю вовни за довжиною характеризувались вівці усіх статево-вікових груп, які належали до лінії 024/063 (Мл).

3. Доведено, що за показником тонини вовни вівці придніпровської м'ясної породи усіх груп є досить однорідними. Тонина вовни в групах маток і ярок знаходиться в межах 58–60 сортиментів якості, у ремонтних баранців та баранів-плідників – 56–60 сортиментів якості.

Бібліографічний список

1. Вдовиченко Ю. В., Жарук П. Г. Генетичні ресурси овець в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 5 (794). С. 38–44. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201905-05

2. Daetwyler Hans D., Henshall J. M., Dominik S., Hickey J. M. Accuracy of estimated genomic breeding values for wool and meat traits in a multi-breed sheep population. *Anim. Prod. Sci.* 2010. Vol. 50 (12). P. 1004-1010. https://doi.org/10.1071/AN10096

3. Swan P. The future of wool as an apparel fibre. In: Cottle D. J. (Editor). International Sheep and Wool Handbook. Nottingham University Press. 2010. Nottingham. P. 647-660.

4. Swan A. A., Purvis I. W., Piper L. R. Genetic parameters for yearling wool production, wool quality and bodyweight traits in fine wool Merino sheep. *Aust. J. Expt. Agric.* 2008. Vol. 48. P. 1168-1176. https://doi.org/10.1071/EA07425

5. Wood E. Textile properties of wool and other fibres. *Wool Tech. Sheep Breed.* 2003. Vol. 51 (3). P. 272-290.

6. Warn L. K., Geenty K. B., McEachern S. Wool meets meat: Tools for a mode-rn sheep enterprise. In: Cronjé P., Maxwell D. K. (Eds.). Australian Sheep Industry Cooperative Research Centre Conference. 2006. Orange. Australia. P. 60-69.

7. Poppi D. P., McLennan S. R. Nutritional research to meet future challenges. *Anim. Prod. Sci.* 2010. Vol. 50 (6). P. 329-338. https://doi.org/10.1071/AN09230

8. Allden WG. Feed intake, diet composition and wool growth. University of New England Publishing Unit. Armidale. 2001. P. 61-78.

9. Гончар А. О. Використання породи овець шароле в придніпровському регіоні. *Сучасні проблеми селекції розведення та гігієни.* 2011. № 9 (49). С. 94-98.

10. Похил В. І., Гончаров А. О. Формування вовнового покриву в овець різного напряму продуктивності. *Таврійський науковий вісник.* 2012. Вип. 81. С. 295-298.

11. Reis P. J. Effects of amino acids on the growth and properties of wool. Univ. New England Publishing Unit. Armidale. 2000. P. 223-242.

12. Вовченко Б. О., Фінченко О. В., Савченко І. М. Вивчення вовнової продуктивності овець при згодовуванні сірковмісних речовин в умовах фермерського господарства „Зелений ранок" Цюрупинського району Херсонської області. *Таврійський науковий вісник.* 2012. Вип. 78. Ч. 2 (2). С. 41-45.

13. Corbett J. L. Variation in wool growth with physiological state. Univ. New England Publishing Unit. Armidale. 2000. P. 79-98.

14. Похил В. І., Миколайчук Л. П. Вікова мінливість вовнового покриву овець романівської породи. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2019. Vol. 7 (3). С. 172–176. https://doi.org/10.32819/2019.71031

15. Jamshed Khan M., Abbas A., Ayaz M., Naeem M., Saleem Akhter M., Hussain Soomro M. Factors affecting wool quality and quantity in sheep. *African Journal of Biotechnology.* 2012. Vol. 11 (73). P. 13762-13766. https://doi.org/10.5897/AJBX11.064

16. Корбич Н. М., Чернова Т. В. Взаємозв'язок довжини вовни з показниками росту та вовнової продуктивності в овець різних ліній таврійського типу асканійської тонкорунної породи. *Таврійський науковий вісник.* 2021. Вип. 121. С. 139-145. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.20

17. Bottomley G. A. Weather conditions and wool growth. Univ. New England Publishing Unit. Armidale. 2001. P. 115-125.

18. Ryder M. L. Coat structure and seasonal shedding in goats. *Anim. Prod.* 2000. Vol. 8. P. 289-302. https://doi.org/10.1017/S000335610003467X

19. Gillespie J. R., Flanders F. B. Modern livestock and poultry production. 2010. 8th Edition, Delmar Cengage Learning, Clifton Park. NY. 1059 p.

20. Cottle D. J. Wool preparation and metabolism. 2010. In: Cottle, D.J. (Editor), International Sheep and Wool Handbook. Nottingham University Press, Nottingham, UK. P. 581-618.

21. Rowe J. B. The Australian sheep industry – undergoing transformation. *Anim. Prod. Sci.* 2010. Vol. 50 (12). P. 991-997. https://doi.org/10.1071/AN10142

22. Lee G. J., Thornberry K. J., Williams A. J. The use of thyroxine to reduce average fibro diameter in fleece wool when feed intake is increased. *Aust. J. Expt. Agric.* 2001. Vol. 41. P 611-617.

23. Edriss M. A., Dashab G., Ghareh Aghaji A. A., Nilforooshan M. A., Movassagh H. A study of some physical attributes of Naeine sheep wool for textile industry. *Pakistan J. Biol. Sci*. 2007. Vol. 10. P. 415-420. https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.415.420

24. Kelly M. J., Swan A. A., Atkins K. Optimal use of on-farm fibre diameter measurement and its impact on reproduction in commercial Merino flocks. *Aust. J. Expt. Agric.* 2007. Vol. 47 (5). P. 525-534. https://doi.org/10.1071/EA06222

25. Jones C., Menezes F. M., Vella F. Auction price anomalies: Evidence from wool auctions in Australia. *Econ. Rec.* 2004. Vol. 80 (250). P. 271-288. https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.2004.00188.x

26. Mortime S. I., Atkins K., Semple S. J., Fogarty N. M. Predicted responses in Merino sheep from selection combining visually assessed and measured traits. *Anim. Prod. Sci.* 2010. Vol. 50 (10). P. 976-982. https://doi.org/10.1071/AN10085

27. Valera M., Arrebola F., Juárez M., Molina F. A. Genetic improvement of wool production in Spanish Merino sheep: genetic parameters and simulation of selection strategies. *Anim. Prod. Sci.* 2009. Vol. 49 (1). P. 43-47. doi : 10.1071/EA07061

28. Angel C., Beare S., Zwart A. C. Product characteristics and arbitrage in the Australian and New Zealand wool markets. *Aust. J. Agr. Econ.* 1990. Vol. 34. P. 67-79. https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.1990.tb00493.x

29. Wood E. J. Wool processing. In: Cottle D. J. (Editor). International Sheep and Wool Handbook. 2010. Nottingham University Press. Nottingham. UK. 766 p.

30. Закон України № 3447-IV „Про захист тварин від жорстокого поводження". *Відомості Верховної Ради України.* 2006. № 27, ст. 230.

References

1. Vdovychenko, Yu. V., & Zharuk, P. H. (2019). Henetychni resursy ovets v Ukraini [Genetic resources of sheep in Ukraine] *Visnyk ahrarnoi nauky*, 5 (794), 38–44. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201905-05 [In Ukrainian].

2. Daetwyler, Hans D., Henshall, J. M., Dominik, S. & Hickey, J. M. (2010). Accuracy of estimated genomic breeding values for wool and meat traits in a multi-breed sheep population. *Anim. Prod. Sci.,* 50 (12), 1004-1010. https://doi.org/10.1071/AN10096

3. Swan, P. (2010). *The future of wool as an apparel fibre.* In: Cottle D. J. (Editor). International Sheep and Wool Handbook. Nottingham University Press. Nottingham, 647-660.

4. Swan, A. A., Purvis, I. W., & Piper, L. R. (2008). Genetic parameters for yearling wool production, wool quality and bodyweight traits in fine wool Merino sheep. *Aust. J. Expt. Agric.,* 48, 1168-1176. https://doi.org/10.1071/EA07425

5. Wood, E. (2003). Textile properties of wool and other fibres. *Wool Tech. Sheep Breed.,* 51 (3), 272-290.

6. Warn, L. K., Geenty, K. B., McEachern, S. (2006). Wool meets meat: Tools for a mode-rn sheep enterprise. In: Cronjé P., Maxwell D. K. (Eds.). Australian Sheep Industry Cooperative Research Centre Conference, Orange. Australia, P. 60-69.

7. Poppi, D. P., McLennan, S. R. (2010). Nutritional research to meet future challenges. *Anim. Prod. Sci.,* 50 (6), 329-338. https://doi.org/10.1071/AN09230

8. Allden, W. G. (2001). Feed intake, diet composition and wool growth. University of New England Publishing Unit. Armidale, 61-78.

9. Honchar, A. O. (2011). Vykorystannia porody ovets sharole v prydniprovskomu rehioni [Use of the Charolais sheep breed in the Dnieper region.] *Suchasni problemy selektsii rozvedennia ta hihiieny*, 9 (49), 94-98. [In Ukrainian].

10. Pokhyl, V. I., & Honcharov, A. O. (2012). Formuvannia vovnovoho pokryvu v ovets ri-znoho napriamu produktyvnosti [The formation of the wool cover in sheep of different directions of productivity] *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 81, 295-298. [In Ukrainian].

11. Reis, P. J. (2000). Effects of amino acids on the growth and properties of wool. Univ. New England Publishing Unit. Armidale, 223-242.

12. Vovchenko, B. O., Finchenko, O. V., Savchenko, I. M. (2012). Vyvchennia vovnovoi produktyvnosti ovets pry zghodovuvanni sirkovmisnykh rechovyn v umovakh fermerskoho hospodarstva „Zelenyi ranok" Tsiurupynskoho raionu Khersonskoi oblasti [The study of wool productivity of sheep when fed with sulfur-containing substances in the conditions of the "Green Morning" farm in the Tsiurupyn district of the Kherson region.] *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 78, 2 (2), 41-45. [In Ukrainian].

13. Corbett, J. L. (2000). Variation in wool growth with physiological state. Univ. New England Publishing Unit. Armidale. P. 79-98.

14. Pokhyl, V. I., & Mykolaichuk, L. P. (2019). Vikova minlyvist vovnovoho pokryvu ovets romanivskoi porody [Age-related variability of the wool coat of Romanov sheep]. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 7 (3), 172–176. https://doi.org/10.32819/2019.71031 [In Ukrainian].

15. Jamshed Khan M., Abbas, A., Ayaz, M., Naeem, M., Saleem Akhter, M., & Hussain Soomro, M. (2012). Factors affecting wool quality and quantity in sheep. *African Journal of Biotechnology*. 11 (73), 13762-13766. https://doi.org/10.5897/AJBX11.064

16. Korbych, N. M., & Chernova, T. V. (2021). Vzaiemozviazok dovzhyny vovny z pokaznykamy rostu ta vovnovoi produktyvnosti v ovets riznykh linii tavriiskoho typu askaniiskoi tonkorunnoi porody [The relationship between wool length and growth and wool productivity in sheep of different lines of the Taurian type of the Askanian fine-wool breed] *Tavriiskyi naukovyi visnyk,* 121, 139-145. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.20 [In Ukrainian].

17. Bottomley, G. A. (2001). Weather conditions and wool growth. Univ. New England Publishing Unit. Armidale, 115-125.

18. Ryder, M. L. (2000). Coat structure and seasonal shedding in goats. *Anim. Prod.*, 8, 289-302. https://doi.org/10.1017/S000335610003467X

19. Gillespie, J. R., & Flanders, F. B. (2010). Modern livestock and poultry production. 8th Edition, Delmar Cengage Learning, Clifton Park. NY. 1059 p.

20. Cottle, D. J. (2010). Wool preparation and metabolism. In: Cottle, D.J. (Editor), International Sheep and Wool Handbook. Nottingham University Press, Nottingham, UK,. 581-618.

21. Rowe, J. B. (2010). The Australian sheep industry – undergoing transformation. *Anim. Prod. Sci.*, 50 (12), 991-997. https://doi.org/10.1071/AN10142

22. Lee, G. J., Thornberry, K. J., & Williams, A. J. (2001). The use of thyroxine to reduce average fibro diameter in fleece wool when feed intake is increased. *Aust. J. Expt. Agric*., 41, 611-617.

23. Edriss, M. A., Dashab, G., Ghareh Aghaji, A. A. Nilforooshan, M. A., & Movassagh, H. (2007). A study of some physical attributes of Naeine sheep wool for textile industry. *Pakistan J. Biol. Sci*., 10, 415-420. https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.415.420

24. Kelly, M. J., Swan, A. A., & Atkins, K. (2007). Optimal use of on-farm fibre diameter measurement and its impact on reproduction in commercial Merino flocks. *Aust. J. Expt. Agric.*, 47 (5), 525-534. https://doi.org/10.1071/EA06222

25. Jones, C., Menezes, F. M., & Vella, F. (2004). Auction price anomalies: Evidence from wool auctions in Australia. *Econ. Rec.*, 80 (250), 271-288. https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.2004.00188.x

26. Mortime, S. I., Atkins, K., Semple, S. J. & Fogarty, N. M. (2010). Predicted responses in Merino sheep from selection combining visually assessed and measured traits. *Anim. Prod. Sci.*, 50 (10), 976-982. https://doi.org/10.1071/AN10085

27. Valera, M., Arrebola, F., Juárez, M. & Molina, F. A. (2009). Genetic improvement of wool production in Spanish Merino sheep: genetic parameters and simulation of selection strategies. *Anim. Prod. Sci.*, 49 (1), 43-47. https://doi.org/10.1071/EA07061

28. Angel, C., Beare, S., & Zwart, A. C. (1990). Product characteristics and arbitrage in the Australian and New Zealand wool markets. *Aust. J. Agr. Econ.*, 1990, 34, 67-79. https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.1990.tb00493.x

29. Wood, E. J. (2010). Wool processing. In: Cottle D. J. (Editor). International Sheep and Wool Handbook. Nottingham University Press. Nottingham. UK. 766.

30. On the protection of animals from cruelty № 3447-IV *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*. 2006, № 27, Article 230 [In Ukrainian].

MAIN INDICATORS OF THE WOOL QUALITY OF DNIPROVIAN MEAT BREED SHEEP OF DIFFERENT SEXES AND GENOTYPES

Boyko N., Korkh I., Pomitun I., Kosova N., Rudenko Ie., Institute of Animal Science NAAS

The formation of comprehensive knowledge of the assessment of physical and technical parameters of sheep wool depending on sex and genotype is one of the problems of animal biology, which is due to the requirements of the theory and practice of sheep breeding, as well as the wool processing industry, although the production of an increasing number of synthetic and artificial fibers. Actually obligatory evaluation of physical and technical parameters of wool is regulated by the current state standards and instructions on conducting breeding work, which determines productivity of

selection in relation to further improvement of sheep breeds. However, the available information in the prevailing majority of literature sources on the quality of wool concerns sheep of meat-wool and wool-meat direction of productivity. As for sheep of meat production, in particular the newly created domestic breeds such materials are almost absent which determines the relevance of the work done.

The foregoing article presents the results of the laboratory evaluation of differences in quality indicators of wool of the Dnieper beef sheep breed in relation to their sex and genotype. The research objects are young ewes, heeders, ewes and tupping rams. The experiments have been conducted in the conditions of the analytical laboratory for evaluation of wool quality and the breeding center for sheep breeding of the Institute of animal sciences NAAS. The obtained data indicate that young ewes of the line 024/063 (Ml) have a larger length of wool on the compared topographic areas of the fleece, such as on the back (by 23-69%), maw (by 25-30%), thigh (by 2,5-4,6%). The larger length of wool on maw is characteristic of ewes and tupping rams of this line. The sheep of all sex and age groups, which belonged to the line 024/063 (Ml) are reported to be characterized with the highest wool alignment by length within the evaluated topographic areas of the fleece. In spite of the mentioned differences in the indicator of wool fineness, the examinee sheep of these groups are quite homogeneous. The wool fineness in the groups of ewes and young ewes is within the range of 58-60 quality assortments, while the wool fineness of the replacement heeders and the tupping rams is within the range of 56-60 quality assortments.

Keywords: tupping rams, heeders, ewe, wool, genotype, physical and technical parameters, young ewes.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-94-104
УДК 575.113:63.27.082(477)

АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ЧАСТОТ ГАПЛОТИПІВ ЗА ЛОКУСАМИ *CSN2* ТА *CSN3* У ПОПУЛЯЦІЇ КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ ЧОРНО-РЯБОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ

Кулібаба Р. О., д. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0003-1776-7147
Сахацький М. І., д. б. н., професор, академік НААН України,
https://orcid.org/0000-0002-6113-0226
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Ляшенко Ю. В., к. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0003-2747-476X
Інститут тваринництва НААН

Проведено дослідження генетичної структури популяції корів української чорно-рябої молочної породи за локусами бета-казеїну (CSN2) та капа-казеїну (CSN3), проаналізований розподіл частот гаплотипів. Поліморфізм дослідних локусів визначали за використання методів AS-PCR (алель-специфічна ПЛР) у випадку з CSN2 та PCR-RFLP (рестрикційний аналіз) у випадку з CSN3. За результатами досліджень визначали частоти генотипів та алелей, значення фактичної (H_o) та очікуваної гетерозиготності (H_e), індекс фіксації Райта (F_{is}), ефективну кількість алелей (n_e). Частоти гаплотипів визначали шляхом розрахунку ЕМ-алгоритму за використання програми ЕН+. Розрахунки стандартизованої міри відхилу за зчепленням від рівноважного стану проводили з використанням програми 2LD. За результатами проведених досліджень виявлений поліморфізм за

обома дослідними локусами у популяції корів української чорно-рябої молочної породи. За локусом CSN2 частота алелю A^1 склала 0,44; A^2 – 0,56. За локусом CSN3 частота алелю А склала 0,80; алелю В – 0,20. За обома поліморфними локусами дослідна популяція корів знаходиться в стані генетичної рівноваги. За результатами аналізу розподілу частот гаплотипів з'ясовано, що найбільшу частоту зустрічальності (0,46) має гаплотип $CSN2^{A1}$-$CSN3^{A}$, найменшу (0,085) – $CSN2^{A2}$-$CSN3^{B}$. В дослідній популяції корів української чорно-рябої молочної породи не спостерігається порушення стану рівноваги за зчепленням (D' = 0,33; що суттєво менше за критичного значення) між виявленими алельними варіантами локусів CSN2 та CSN3. Це свідчить про те, що розподіл частот гаплотипів є результатом особливостей розподілу частот відповідних алелів.

Ключові слова: **поліморфізм, популяція, корови, алель, генотип, гаплотип, зчеплення, маркер.**

На сьогодні молекулярно-генетичні методи досліджень є перспективним напрямом фундаментальної та прикладної генетики, зокрема, й селекції сільськогосподарських тварин. Використання маркер-асоційованої селекції дозволяє підвищити ефективність традиційних методів селекційно-племінної роботи безпосередньою оцінкою тварин за генотипом.

У селекції молочної худоби до найбільш економічно значущих відносяться гени, продукти яких пов'язані з харчовою цінністю і технологічними властивостями молока.

За своїми властивостями всі білки молока можна поділити на дві групи: 82 % складають казеїни (αS1-, αS2-, β-, k-казеїни) і 18% – сироваткові білки (α- і β-лактоглобуліни) [1]. Алелі, що детермінують синтез білків молока, успадковуються кодомінантно та чітко діагностуються за використання молекулярно-генетичних методів. Переважна більшість досліджень стосується двох найбільш економічно значимих генів – бета-лактоглобуліну (*β-LG*) і капа-казеїну (*k*-казеїн, *CSN3,* k-CN), поліморфізм яких пов'язаний з молочною продуктивністю. Відомо 13 генетично обумовлених алельних варіантів гена *β-LG* [2], серед яких алель *A* асоціюється з більшою концентрацією лактоглобуліну в молоці.

Казеїни є основним джерелом амінокислот для молодого організму та задіяні в транспортуванні відповідної кількості фосфору і кальцію в молоці, необхідних для формування кісткової тканини. На відміну від інших трьох казеїнових білків, капа-казеїн за своїм амінокислотним складом подібний до фібрину та має властивість за результатами протеолізу формувати згустки [3]. Ця властивість досить давно використовується при виробництві сиру. На основі ДНК-аналізу екзонних ділянок гену *CSN3* виявлено декілька нуклеотидних замін та поліморфні сайти рестрикції, описано 9 алельних варіантів (*A, B, C, E, F, G, H, I* і *A1*), серед яких найбільш часто зустрічаються варіанти *A* та *B* [4, 5].

Відмінності між алелями *A* і *B* гену *CSN3* обумовлені двома точковими мутаціями: амінокислотної заміни треоніну на ізолейцин у положенні 136 поліпептидного ланцюга та аспарагінової кислоти на аланін у положенні 148 [5]. Вважається, що молоко яке містить варіант $CSN3^{B}$ має кращі технологічні характеристики переробки, більший вміст жиру в сирі та його вихід [4]. Генотип $CSN3^{BB}$ є бажаним для формування поголів'я корів, молоко яких використовується при виробництві твердих сирів. Варіабельність частот генотипів *CSN3* обумовлена породною належністю з одного боку та селекційною спрямованістю з іншого. Так, наприклад, у буйволів цей ген мономорфний за алелем В, а от в процесі голштинизації локальних порід частка його знижується [6, 7].

Останнім часом в країнах з розвиненим тваринництвом все більше уваги приділяється β-казеїновій фракції білка (*CSN2*). Відомо близько 60 однонуклеотидних мутацій (SNP) в екзонній частині гену та 12 алельних варіантів *CSN2* серед яких найбільш використовуваними в промисловому тваринництві є алелі A^1 і A^2 [8]. Мова йде про місенс мутацію C/A (rs:43703011) в 7 екзоні, яка призводить до зміни амінокислоти проліну (A^2) на гістидин (A^1). Продуктами цих алелів є так зване А1 і А2 молоко [9]. Ці білки бета-казеїну відрізняються однією амінокислотою, яка є причиною утворення у травному тракті людини бета-казоморфіну (у випадку з типом бета-казеїну А1), що й викликає низку патологічних ефектів. У свою чергу, використання А2 молока суттєво зменшує гострі симптоми неперетравлення коров'ячого молока. Продукція на основі А2 молока поступово поширюється на ринках таких країн як Нова Зеландія (2000), Австралія (2004), США (2003), Великобританія (2011), Китай (2013), Росія (2017) [10]. В останні рокі, деяка зацікавленість стала з'являтися і серед наших вітчизняних господарств щодо типування корів за алелями β-казеїну [11, 12].

Слід зазначити, що чотири гени казеїнів (*αS1-CN, αS2-CN, β-CN, k-CN*) тісно пов'язані та організовані на 6-й хромосомі *B. taurus* (200-250 кб) в порядку: *αS1, β, αS2* і *k* [5, 13]. Це робить дану конструкцію цікавою з точки зору дослідження нерівноважного зв'язку алельних варіантів цих генів. Гени *αS1-, β-* і *αS2*-казеїна найбільш тісно зчеплені і утворюють кластер на основі спільного еволюційного походження, тоді як ген *k-CN* віддалений від них не менш ніж 70 т.п.н. [5].

У цьому випадку інтерес виникає не тільки до поліморфізму окремих генів (наприклад – капа-казеїну), але й і до необхідності аналізу комплексних генотипів та гаплотипів обох перспективних локусів – бета- та капа-казеїнів. У цілому, у вітчизняній науковій літературі зустрічаються роботи, які присвячені аналізу комплексних генотипів обох генів. Однак, незважаючи на всю їх актуальність, у них простежується суттєвий недолік – відсутність аналізу нерівноваги за зчепленням (Linkage Disequilibrium, LD) за використання відповідного аналітичного інструментарію, що призводить до суттєвого обмеження ефективності досліджень, внаслідок того, що гаплотипи розглядуються в якості простих комплексних генотипів [12].

Аналіз нерівноваги за зчепленням (LD) дає можливість визначити наявність гаплотипів, що, потенційно, дає цілу низку переваг, в першу чергу у можливості використання саме гаплотипів для вирішення завдань маркер-асоційованій селекції (MAS) у скотарстві. Використання гаплотипів в MAS є більш перспективним порівняно з окремими локусами та різними алельними варіантами, так як надає можливості використовувати „зв'язку" двох або більше мутацій (алелей) в якості єдиної функціональної одиниці. Це не тільки може сприяти адитивному ефекту від різних алелів, але й може суттєво знизити витрати на проведення контролю під час проведення селекційної роботи, так як контрольне типування особин тільки за одним з алелів автоматично буде вказувати на наявний гаплотип (тобто один з алелів може бути використаний у якості маркеру певного гаплотипу).

Таким чином, виходячи зі всього вищенаведеного, мета нашої роботи – провести аналіз розподілу частот гаплотипів та нерівноваги за зчепленням між локусами бета- та капа-казеїнів у популяції української чорно-рябої молочної породи.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведені у лабораторії молекулярно-генетичних досліджень кафедри біології тварин Національного університету біоресурсів і природокористування України та в лабораторії молеку-

лярно-генетичних і фізіолого-біохімічних досліджень у тваринництві Інституту тваринництва НААН.

В якості об'єкта досліджень використовували популяцію корів української чорно-рябої молочної породи.

Виділення ДНК проводили з використанням комерційного набору реагентів «ДНК-сорб-В» («АмпліСенс», РФ). В якості джерела біологічного матеріалу використовували волосяні цибулини.

Типування особин ВРХ дослідних порід проводили за використання методів AS-PCR та RFLP-PCR.

Ампліфікацію фрагментів локусів *CSN2* та *CSN3* проводили за використання специфічних праймерів (табл. 1).

Таблиця 1

Нуклеотидна структура використаних праймерів

Локус	Праймер	Нуклеотидна послідовність	Джерело
CSN2	854 F	gcccagatgagagaagtgagg	[14]
	854 R (A^1)	gatgttttgtgggaggctgttat	
	854 R (A^2)	gatgttttgtgggaggctgttag	
CSN3	DF	atagccaaatatatcccaattcagt	[15]
	DR	tttattaataagtccatgaatcttg	

У випадку з локусом *CSN2* розмір ампліфікованого фрагменту склав 854 п.н.; у випадку з *CSN3* – 530 п.н.

Ампліфікацію таргетних фрагментів проводили за використання термоциклеру MiniAmp™ Thermal Cycler (ThermoFisher Scientific) згідно відповідних програм. Для локусу *CSN2*: 1 цикл – денатурація 94 °С (5 хв.); 10 циклів – денатурація 94 °С (30 с), відпал 66 °С (30 с), елонгація 72 °С (30 с); 25 циклів – денатурація 94 °С (30 с), відпал 64 °С (30 с), елонгація 72 °С (30 с).

Для локусу *CSN3*: 1 цикл – денатурація 94 °С (5 хв.); 35 циклів – денатурація 94 °С (1 хв.), відпал 58 °С (1 хв.), елонгація 72 °С (1 хв.); 1 цикл – фінальна елонгація 72 °С (10 хв.).

Об'єм кінцевої суміші становив 10 μL, концентрація праймерів – 0,2 мкМ у кожному випадку.

Рестрикцію (для локусу *CSN3*) проводили за використання ендонуклеази HindIII згідно протоколів виробника (Thermo Scientific, США). Продукти ампліфікації/рестрикції розділяли у агарозних гелях (концентрація 1,5–3%). Візуалізацію фрагментів ДНК у гелі проводили з використанням етидіуму броміду в ультрафіолетовому спектрі. Розмір ампліконів та рестрикційних фрагментів визначали за використання маркера молекулярних мас GeneRuler 50 bp (Thermo Scientific).

Для визначення генетико-популяційних параметрів використовували наступні показники: частоти генотипів та алелей, значення фактичної (H_o) та очікуваної гетерозиготності (H_e), індекс фіксації Райта (F_{is}), ефективна кількість алелей (n_e). Всі розрахунки проведено за використання програми Popgen32 Version 1.32 [16].

Частоти гаплотипів визначали шляхом розрахунку ЕМ-алгоритму за використання програми ЕН+ [17].

Розрахунки стандартизованої міри відхилу за зчепленням від рівноважного стану проводили з використанням програми 2LD [18].

Результати досліджень. За результатами проведених досліджень виявлений поліморфізм за локусом бета-казеїну (*CSN2*) у популяції корів української чо-

рно-рябої молочної породи. Встановлено наявність особин зі всіма можливими генотипами: A^1A^1, A^1A^2 та A^2A^2. Електрофореграму продуктів ампліфікації дослідного фрагменту гену *CSN2* за використання методу AS-PCR наведено на рис. 1.

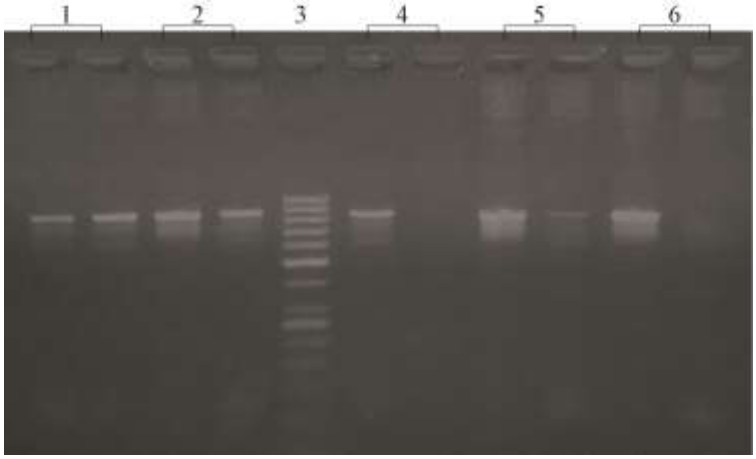


Рис. 1. Електрофореграма продуктів ампліфікації фрагмента гена *CSN2*.

Примітка. 1-6 – номера проб, 1, 2 – генотип A^1A^2; 3 – GeneRuler 50 bp; 4-6 – генотип A^1A^1.

За поліморфізмом локусу *CSN2* (метод алель-специфічної ПЛР) генотип A^1A^1 представлений у вигляді фрагмента ДНК, розміром 854 п.н., який є тільки в першій лунки кожній з проб. Генотип A^2A^2 представлений фрагментом у кожній другій лунці, в свою чергу, для генотипу A^1A^2 є характерним наявність обох фрагментів у кожній лунці.

Особливості генетичної структури дослідної популяції корів наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Генетична структура дослідній популяції ВРХ за локусом *CSN2*

Генотип	O	E	$(O-E)^2/E$	Алель, частота	χ^2
A^1A^1	11	9,68	0,18	A^1 – 0,44 A^2 – 0,56	0,57
A^1A^2	22	24,64	0,28		
A^2A^2	17	15,68	0,11		

За загальними показниками генетичної мінливості за локусом *CSN2* дослідна популяція характеризується наступними значеннями: фактична гетерозиготність (H_o) – 0,44; очікувана гетерозиготність (H_e) – 0,49; індекс фіксації Райта (F_{is}) дорівнює 0,1; ефективна кількість алелей (n_e) – 1,96.

За результатами аналізу співвідношень частот генотипів та алелів дослідна популяція корів знаходиться в стані генетичної рівноваги за Харді-Вайнбергом.

Як ми бачимо з наведених даних у дослідній популяції корів є значна частка особин, гомозиготних за алелем A^2, що робить їх потенційно привабливими для проведення подальшої MAS та формування груп тварин із виробництва молока певного типу.

Виходячи з завдань роботи, на наступному етапі проведені генетико-популяційні дослідження за локусом капа-казеїну. За результатами досліджень виявлений поліморфізм локусу *CSN3* в дослідній популяції корів. Встановлено

наявність особин з двома з трьох можливих варіантів генотипів – *AA* та *AB*. Особин із генотипом *BB* у дослідній популяції не виявлено.

Електрофореграма продуктів рестрикції дослідного фрагменту гену *CSN3* наведено на рис. 2.

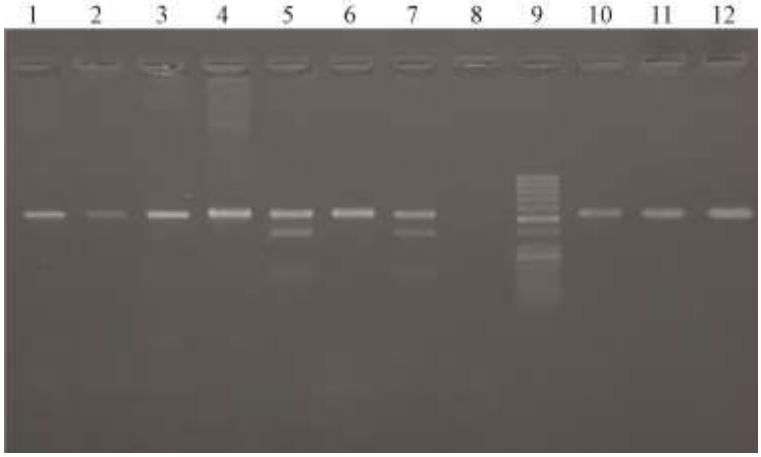


Рис. 2. Електрофореграма продуктів рестрикції фрагмента гена *CSN3*.

Примітка. 1-12 – номера проб, 1-4, 6, 10-12 – генотип AA; 5, 7 – генотип AB; 8 – негативний контроль; 9 – GeneRuler 50 bp.

За HindIII-поліморфізмом локусу *CSN3* генотип *AA* представлений одним фрагментом, розміром 530 п.н., генотип *BB* – 400 та 130 п.н., *AB* – 530, 400 та 130 п.н. відповідно.

Особливості генетичної структури дослідної популяції корів наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Генетична структура дослідній популяції ВРХ за локусом *CSN3*

Генотип	O	E	$(O-E)^2/E$	Алель, частота	χ^2
AA	30	32	0,13	*A* – 0,8 *B* – 0,2	3,13
AB	20	16	1		
BB	0	2	2		

За загальними показниками генетичної мінливості за локусом *CSN3* популяція характеризується наступними значеннями: фактична гетерозиготність (H_o) – 0,40; очікувана гетерозиготність (H_e) – 0,32; індекс фіксації Райта (F_{is}) дорівнює -0,25; ефективна кількість алелів (n_e) – 1,47. Слід зазначити, що у дослідній популяції виявлено значне переваження частоти зустрічальності алелю *A*, причому питома частка – саме за рахунок великої кількості гомозиготних особин $CSN3^{AA}$. Алель *B* присутній у популяції тільки у складі гетерозигот $CSN3^{AB}$ (гомозиготних особин за алелем *B* не виявлено взагалі).

Незважаючи на значення індексу фіксації Райта (значення аутбридингу досягає 25 %) дослідна популяція корів знаходиться в стані генетичної рівноваги (χ^2=3,13; p>0,05)

Перейдемо до аналізу розподілу частот гаплотипів на основі асоціацій алельних варіантів генів *CSN2* і *CSN3*. Результати аналізу особливостей розподілу

частот генотипів у дослідній популяції корів, що виконаний за використання ЕМ-алгоритму, наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

Розподіл частот гаплотипів у дослідній популяції корів

Гаплотип	Локус		Частоти гаплотипів	
	CSN2	***CSN3***	**Незалежні**	**Асоційовані**
I	A^1	*A*	0,460	0,432
II	A^1	*B*	0,115	0,143
III	A^2	*A*	0,340	0,368
IV	A^2	*B*	0,085	0,057

За порівнянням розподілу частот гаплотипів встановлені незначні відмінності у значеннях незалежних (розрахованих зі значень певних частот алелів) та асоційованих (оцінених за даними, що враховують асоціацію, за умови відповідності за Харді-Вайнбергом) частот. Найбільшу частоту зустрічальності має гаплотип I ($CSN2^{A1}$-$CSN3^{A}$; 0,46), найменшу (теоретичну) – IV ($CSN2^{A2}$-$CSN3^{B}$; 0,085). Слід зазначити, що частоту гаплотипу IV визначено саме за рахунок теоретичних розрахунків, так як у дослідній популяції тварин він, потенційно, зустрічається тільки у складі гетерозигот за обома маркерами в дослідних генах *CSN2* та *CSN3*.

За результатами проведених досліджень з'ясовано, що в дослідній популяції корів української чорно-рябої молочної породи не спостерігається порушення стану рівноваги за зчепленням ($D' = 0,33$; що суттєво менше за критичного значення) між виявленими алельними варіантами локусів *CSN2* та *CSN3*. Це свідчить про те, що розподіл частот гаплотипів є результатом особливостей розподілу частот відповідних алелів. Слід зазначити, що цей висновок стосується виключно конкретної популяції великої рогатої худоби української чорно-рябої молочної породи. В інших популяціях цієї ж породи ситуація може бути зовсім іншою, що свідчить про необхідність проведення генетико-популяційних досліджень у кожному окремому випадку.

Додатково до результатів проведених досліджень, звернемо увагу на наявність методичних недоліків у деяких наукових роботах. Мова йде про плутанину між визначенням частот гаплотипів та комплексних генотипів. Розглядуючи гаплотипи, автори використовують аналіз частотного розподілу лише за результатами визначення значень частот відповідних складових гаплотипу, що, насправді, має відношення тільки до, так званих, "незалежних" частот гаплотипу. За відсутності визначення "асоційованих" частот гаплотипів провести адекватний аналіз та охарактеризувати значення стандартизованої міри нерівноваги D' фактично неможливо, що й призводить до плутанини у термінології (поняття гаплотип та комплексний генотип).

Відносно дослідної популяції корів наявна достатньо велика кількість особин із гомозиготним генотипом A^2A^2 за локусом бета-казеїну, що свідчить про потенційну привабливість популяції для проведення спрямованої селекції (MAS), за умови типування плідників, у напряму формування стада корів-продуцентів молока А2. З цієї точки зору, відсутність нерівноваги за зчепленням можна використовувати, також, й у якості особливості популяції, що дає змогу сформувати будь-які можливі варіанти (гаплотипи) між певними локусами в напряму як збільшення показників молочної продуктивності тварин, так і з метою отримання різних типів молочної продукції (сири).

Висновки:

1. За результатами досліджень встановлено, що у популяції корів української чорно-рябої молочної породи за локусом *CSN2* частота алелю A^1 склала 0,44; A^2 – 0,56. За локусом *CSN3* частота алелю *A* склала 0,8; алелю *B* – 0,2.

2. За використання аналізу розподілу гаплотипів доведено, що співвідношення частот гаплотипів (*CSN2*-*CSN3*) практично повністю визначається простим співвідношенням частот окремих складових гаплотипу (алелів локусів *CSN2* та *CSN3*). Значення стандартизованої міри нерівноваги D′ дорівнює 0,33, що свідчить про відсутність порушень рівноваги за зчепленням між дослідними мутаціями локусів бета- та капа-казеїнів.

Бібліографічний список

1. Eigel W. N., Butler J. E., Ernstrom C. A., Farrell H. M., Harwalkar V. R., Jenness R., Whitney R. M. Nomenclature of Proteins of Cow's Milk: Fifth Revision. *Journal of Dairy Science*. 1984. Vol. 67(8). P. 1599–1631. https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(84)81485-x.

2. Martin P., Bianchi L., Cebo C., Miranda G. Genetic Polymorphism of Milk Proteins. *Advanced Dairy Chemistry*. 2012. P. 463–514. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4714-6_15.

3. Jolles P., Levy-Toledano S., Fiat A.-M., Soria C., Gillessen D., Thomaidis A., Caen J. P. Analogy between fibrinogen and casein. Effect of an undecapeptide isolated from k-casein on platelet function. *European Journal of Biochemistry*. 1986. Vol. 158(2), P. 379–382. https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1986.tb09764.x.

4. Alexander L. J., Stewart A. F., Mackinlay A. G., Kapelinskaya T. V., Tkach T. M., Gorodetsky S. I. Isolation and characterization of the bovine k-casein gene. *European Journal of Biochemistry*. 1988. Vol. 178(2), P. 395–401. https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1988.tb14463.x.

5. Azevedo A. L. S., Nascimento C. S., Steinberg R. S., Carvalho M. R. S., Peixoto M. G. C. D., T'eodoro R. L., Verneque R. S., Guimarães S. E. F., Machado M. A. Genetic polymorphism of the kappa-casein gene in Brazilian cattle. *Genetics and Molecular Research*, 2008. Vol. 7 (3), 623–630. https://doi.org/10.4238/vol7-3gmr428.

6. Cinar M. U., Akyuz B., Arslan K., & Ilgar E. G. Genotyping of the kappa-casein and beta-lactoglobulin genes in Anatolian water buffalo by PCR-RFLP. *International Journal of Dairy Technology*, 2015. Vol. 69(2), P. 308–311. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12257.

7. Margawati E. T., Volkandari S. D., Indriawati C. T. Genotyping of Kappa-Casein Gene of Buffalo in Indonesian. *Proceedings of International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology*. 2016. P. 37–44. http://dx.doi.org/10.14334/Proc.Intsem.LPVT-2016-p.37-44.

8. Miluchova M., Trakovicka A., Gabor M. Analiza polimorfismului genei β-cazeinei prin metoda PCR-RFLP pentru alelele. AI şi A2 la taurinele de rasă Pinzgau Slovacă. *Lucrări ştiinţifice Zootehnie şi Biotehnologi*i, 2009. Vol. 42 (2).

9. Review of the potential health impact of β-casomorphins and related peptides. *EFSA Journal*, 2009. Vol. 7(2), 231 p. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.231r.

10. Гуськова С. В. А2 молоко – продукция для детского питания. *Информ. Бюллетень № 1 Национального союза племенных организаций*. Москва. 2017.

11. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., Павленко Ю. М. Характеристика генетичної структури плідників лебединської породи за генами бета- (CSN2) та капа-

казеїну (CSN3). *Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»* 2020. № 2, С. 88–96.

12. Ладика В. І., Скляренко Ю. І., Павленко Ю. М. Аналіз бугаїв-плідників молочних порід за комплексними генотипами бета- і каппа казеїну. *Розведення і генетика тварин*. 2020. № 60. С. 99–109.

13. Bonfatti V., Di Martino G., Cecchinato A., Degano L., Carnier P. Effects of β-κ-casein (CSN2-CSN3) haplotypes, β-lactoglobulin (BLG) genotypes, and detailed protein composition on coagulation properties of individual milk of Simmental cows. *Journal of Dairy Science*. 2010. Vol. 93(8), P. 3809–3817. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2779.

14. Keating A., Smith T., Ross R., Cairns M. A note on the evaluation of a beta-casein variant in bovine breeds by allele-specific PCR and relevance to β-casomorphin. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2008. Vol. 47 P. 99–.104.

15. Denicourt D., Sabour M. P., McAllister A. J. Detection of bovine κ-casein genomic variants by the polymerase chain reaction method. *Animal Genetics*. 1990. Vol. 21(2). P. 215–216. https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1990.tb03228.x.

16. Yeh F. C,. Yang R., Boyle T. J., Ye Z., Xiyan J. M. PopGene32, Microsoft Windows-based freeware for population genetic analysis, version 1.32. *Mol. Biol. Biotechnol. Centre, Univ. Alberta*, Edmonton, Alberta, Canada. 2000.

17. Zhao J. H., Curtis D., Sham P. C. Model-free analysis and permutation tests for allelic associations. *Hum Hered*. 2000. Vol. 50, 133–139.

18. Zapata C., Carollo C., Rodriguez S. Sampling variance and distribution of the D measure of overall gametic disequilibrium between multiallelic loci. *Ann Hum Genet*. 2001. Vol. 65. P. 395–406.

References

1. Eigel, W. N., Butler, J. E., Ernstrom, C. A., Farrell, H. M., Harwalkar, V. R., Jenness, R., & Whitney, R. M. (1984). Nomenclature of Proteins of Cow's Milk: Fifth Revision. *Journal of Dairy Science*, 67(8), 1599–1631. https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(84)81485-x.

2. Martin, P., Bianchi, L., Cebo, C., & Miranda, G. (2012). Genetic Polymorphism of Milk Proteins. Advanced Dairy Chemistry, 463–514. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4714-6_15.

3. Jolles, P., Levy-Toledano, S., Fiat, A.-M., Soria, C., Gillessen, D., Thomaidis, A., & Caen, J. P. (1986). Analogy between fibrinogen and casein. Effect of an undecapeptide isolated from k-casein on platelet function. *European Journal of Biochemistry*, 158(2), 379–382. https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1986.tb09764.x.

4. Alexander, L. J., Stewart, A. F., Mackinlay, A. G., Kapelinskaya, T. V., Tkach, T. M., & Gorodetsky, S. I. (1988). Isolation and characterization of the bovine k-casein gene. *European Journal of Biochemistry*, 178(2), 395–401. https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1988.tb14463.x.

5. Azevedo, A. L. S., Nascimento, C. S., Steinberg, R. S., Carvalho, M. R. S., Peixoto, M. G. C. D., T'eodoro, R. L., Verneque, R. S., Guimarães, S. E. F., & Machado, M. A. (2008). Genetic polymorphism of the kappa-casein gene in Brazilian cattle. *Genetics and Molecular Research*, 7(3), 623–630. https://doi.org/10.4238/vol7-3gmr428.

6. Cinar, M. U., Akyuz, B., Arslan, K., & Ilgar, E. G. (2015). Genotyping of the kappa-casein and beta-lactoglobulin genes in Anatolian water buffalo by PCR-RFLP. *International Journal of Dairy Technology*, 69(2), 308–311. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12257.

7. Margawati, E. T., Volkandari, S. D., & Indriawati, C. T. (2016). Genotyping of Kappa-Casein Gene of Buffalo in Indonesian. *Proceedings of International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology*. 37–44. https://doi.org/10.14334/Proc.Intsem.LPVT-2016-p.37-44.

8. Miluchova, M., Trakovicka, A., & Gabor, M. (2009). Analiza polimorfismului genei β-cazeinei prin metoda PCR-RFLP pentru alelele. AI şi A2 la taurinele de rasă Pinzgau Slovacă. *Lucrări ştiinţifice Zootehnie şi Biotehnologi*i, 42 (2).

9. Review of the potential health impact of β-casomorphins and related peptides. (2009). *EFSA Journal*, 7(2), 231r. doi:10.2903/j.efsa.2009.231r.

10. Gus'kova, S. V. (2017). A2 moloko – produkciya dlya detskogo pitaniya. *Inform. Byulleten'. Nacional'nyj soyuz plemennyh organizacij*. №1. Moskva.

11. Ladyka, V. I., Skliarenko, Yu. I., & Pavlenko, Yu. M. (2020). Kharakterystyka henetychnoi struktury plidnykiv lebedynskoi porody za henamy beta- (CSN2) ta kapa-kazeinu (CSN3). *Zbirnyk naukovykh prats «Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva»*. 2, 88–96.

12. Ladyka, V. I., Skliarenko, Yu. I., & Pavlenko, Yu. M. (2020). Analiz buhaiv-plidnykiv molochnykh porid za kompleksnymy henotypamy beta- i kappa kazeinu. *Rozvedennia i henetyka tvaryn*, 60, 99–109.

13. Bonfatti, V., Di Martino, G., Cecchinato, A., Degano, L., & Carnier, P. (2010). Effects of β-κ-casein (CSN2-CSN3) haplotypes, β-lactoglobulin (BLG) genotypes, and detailed protein composition on coagulation properties of individual milk of Simmental cows. *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3809–3817. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2779 .

14. Keating, A., Smith, T., Ross, R., & Cairns, M. (2008). A note on the evaluation of a beta-casein variant in bovine breeds by allele-specific PCR and relevance to β-casomorphin. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 47, 99–104.

15. Denicourt, D., Sabour, M. P., & McAllister, A. J. (1990). Detection of bovine κ-casein genomic variants by the polymerase chain reaction method. *Animal Genetics*, 21(2), 215–216. https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1990.tb03228.x.

16. Yeh, F. C., Yang, R., Boyle, T. J., Ye, Z., & Xiyan, J. M. (2000). PopGene32, Microsoft Windows-based freeware for population genetic analysis, version 1.32. *Mol. Biol. Biotechnol. Centre, Univ. Alberta*, Edmonton, Alberta, Canada.

17. Zhao, J. H., Curtis, D., & Sham, P. C. (2000). Model-free analysis and permutation tests for allelic associations. *Hum Hered*. 50, 133–139.

18. Zapata, C., Carollo, C., & Rodriguez, S. (2001). Sampling variance and distribution of the D measure of overall gametic disequilibrium between multiallelic loci. *Ann Hum Genet*., 65, 395–406.

ANALYSIS OF HAPLOTYPE FREQUENCY DISTRIBUTION BY CSN2 AND CSN3 LOCUS IN THE CATTLE POPULATION OF THE UKRAINIAN BLACK-AND-WHITE DAIRY BREED

Kulibaba R. O., Sakhatskyi M. I., National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Liashenko Yu.V., Institute of Animal Science NAAS

The study of the genetic structure of the cow population of the Ukrainian Black-and-White dairy breed were carried out in loci of beta-casein (CSN2) and kappa-casein (CSN3) loci, and the distribution of haplotype frequencies was analyzed. The polymorphism of the experimental loci was determined using AS-PCR (allele-specific PCR) in the case of CSN2 and PCR-RFLP (restriction analysis) in the case of CSN3.

The frequencies of genotypes and alleles, the value of observable (Ho) and expected (He) heterozygosity, the Wright fixation index (Fis) and the effective number of alleles (ne) were determined based on the results of the studies. Haplotype frequencies were determined by calculating the EM-algorithm using the EH+ program. Calculations of the standardized measure of deviation by linkage from the equilibrium state were made using the 2LD program. According to the results of the studies, polymorphism was revealed for both experimental loci in the cattle population of the Ukrainian Black-and-White dairy breed. At the CSN2 locus, the A1 allele frequency was 0.44; A2 – 0.56. At the CSN3 locus, the A allele frequency was 0.80; allele B – 0.20. The experimental cattle population was in a state of genetic equilibrium in accordance with both polymorphic loci. Based on the analysis of the haplotype frequencies distribution, haplotype CSN2A1-CSN3A was found to have the highest frequency (0,46), haplotype CSN2A2-CSN3B had the smallest (0,085). In the experimental cattle population of the Ukrainian Black-and-White dairy breed there is no deviation from the equilibrium state by linkage (D' = 0.33; which is significantly less than the critical value) between the identified allelic variants of the CSN2 and CSN3 loci. This indicates that the distribution of haplotype frequencies is the result of the particularities of the corresponding alleles frequency distribution.

Keywords: polymorphism, population, cows, allele, genotype, haplotype, linkage, marker.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-104-118
УДК 57.08:636.082.4

ВПЛИВ РОЗЧИНІВ РІЗНОЇ ОСМОЛЯРНОСТІ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ 15-32-КЛІТИННИХ ЕМБРІОНІВ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

Лісін В. І., с. н. с., https://orcid.org/0000-0002-5461-0918
Хмельков В. М., с. н. с., https://orcid.org/0000-0002-6185-9383

Бугров О. Д., д. б. н., професор

Дібіров М. К., д. б. н., с. н. с.
Інститут тваринництва НААН

Отримано ілюстративний матеріал, що дозволяє наочно спостерігати дію розчинів різної тонічності на морфологію отриманих in vivo 5-денних докомпактизаційних 15-17-клітинних ембріонів і 6-денних ранніх морул великої рогатої худоби в залежності від їх технологічного стану.

У ембріонів досліджуваних стадій розвитку були визначені середні значення і показники варіації наступних морфометричних параметрів: зовнішнього та внутрішнього діаметрів прозорої оболонки (zona pellucida (ZP)), товщини ZP, діаметру клітинної маси (КМ) ембріона та діаметру окремих ембріональних клітин. Перелічені параметри визначалися у кожного з ембріонів послідовно в інтактному, денудованому і дебластомерізованому станах в ізотонічних (0,29 Осм), гіпертонічних (1,5 Осм) та гіпотонічних (0,2 Осм) умовах.

Маніпуляції з ембріонами були проведені таким чином, щоб при послідовному перенесенні по розчинах різної осмолярності можна було ідентифікувати динаміку зміни морфології і параметрів як кожного з ембріонів (в інтактному

стані та після денудації), так і кожної з окремих ембріональних клітин (після дебластомерізації ембріона).

Зменшення або збільшення розмірів КМ ембріонів досліджуваних стадій розвитку при послідовному перенесенні їх по розчинах з різною осмолярністю відбувалося зі збереженням приблизної пропорційності їх форми. Після часткового зневоднення в гіпертонії денудовані ембріони відновлювали свої розміри здебільшого не повною мірою відносно своїх вихідних розмірів в інтактному стані в розчинах відповідної осмолярності. Подібна осмотична поведінка спостерігалася і у окремих клітин дебластомерізованих ембріонів.

Представлені в статті експериментальні дані дозволяють прогнозувати поведінку ембріонів під час мікроманіпуляцій, визначати послідовність, техніку та умови проведення з ними операцій, а також види, форму та розміри необхідних для цього мікроінструментів.

Ключові слова: **велика рогата худоба, морфометричні параметри ембріонів, докомпактизаційні 15-17-клітинні ембріони, ранні морули, інтактний, денудований та дебластомерізований стан, гіпертонічні, ізотонічні та гіпотонічні умови.**

Для практики мікроманіпуляцій дуже важливо знати розміри певних параметрів об’єктів, з якими планується проведення операцій. Це необхідно для вибору техніки проведення мікроманіпуляцій, а також для визначення видів і розмірів необхідних для цього мікроінструментів. На теперішній час накопичено достатньо великий об’єм інформації що до розмірів яйцеклітин та ембріонів багатьох видів ссавців, у тому числі і великої рогатої худоби (ВРХ) [1], в звичайних для цих об’єктів ізотонічних умовах. Однак пошук можливостей використання в практиці мікроманіпуляцій неізотонічних розчинів з метою створення умов, які поліпшують проведення операцій з ембріональним матеріалом, потребує вичерпної інформації зокрема про зміну розмірів та форми об’єктів у розчинах різної осмолярності. Існують повідомлення про вплив маніпуляцій та розчинів різної осмолярності на виживаність, осмотичну поведінку та деякі інші біологічні властивості яйцеклітин та ембріонів. Показано, що ні проколювання прозорих оболонок (zona pellucida (ZP)), ні гіпертонічна обробка морул кролика 0,5 М та 1,0 М розчинами цукрози у середовищі Дюльбекко не подіяли негативно на їх розвиток до бластоцист [2]. При цьому об’єм зародків зменшувався відповідно до 37-39% та до 32-35% і відновлювався при поверненні в ізотонію (0,29 Осм) до 87-94% та до 81-90%. Також було отримано 39, 42 та 31% кроленят після пересадки реципієнтам 2-4-клітинних зародків, витриманих передчасно у 0,5 М розчині цукрози у середовищі Дюльбекко відповідно 0, 30 та 60 хвилин. Розвиток ембріонів, за результатами цієї ж роботи, суттєво погіршувався тільки тоді, коли вони видержувалися у 0,5 М та 1,0 М розчинах більше 60 хвилин, а у 1,5 М розчині цукрози у середовищі Дюльбекко більше 30 хвилин. В іншій роботі показано, що використання 0,5 М розчину цукрози у середовищі Дюльбекко для множинної ін’єкції сперміїв у перивітеліновий простір (ПВП) ооцитів кролів полегшує виконання цієї операції і не погіршує подальший розвиток прооперованих об’єктів до морул, а імітація операції шляхом проколу ін’єкційною мікропіпеткою ZP ооцитів в гіпертонічних умовах не привела до збільшення у них випадків партеногенезу [3]. Застосування 0,5 М розчину цукрози у середовищі Дюльбекко для поміщення у ПВП енуклейованих ооцитів бластомерів від 8-клітинних та 16-клітинних ембріонів значно полегшувало і прискорювало цей етап ембріонального клонування у

кролів [4]. Також було продемонстровано, що обробка ооцитів ВРХ 0,3 М цукрози у середовищі Дюльбекко з 20% фетальної телячої сироватки полегшує визначення місця локалізації метафазних хромосом при нормальній світловій мікроскопії і, відповідно, підвищує ефективність енуклеації без завдання шкоди для потенціалу розвитку in vitro клонованих шляхом переносу ядра ембріонів [5]. Вольюмометричні досліди з зиготами та ембріонами миші показали, що пропорційне зменшення клітин в об'ємі відмічалося у середовищах, доведених до гіпертонії шляхом додавання цукрози або NaCl, з осмолярністю аж до 1,5 Осм [6]. Подальше збільшення осмолярності середовища до 3,1 Осм приводило тільки до обмеженого подальшого стиснення зигот (мінімальний об'єм, який спостерігався, складав 27% від початкового). Витримка ембріонів у 3,2 Осм середовищі, доповненому NaCl, протягом 10 хвилин не завадила їх подальшому розвитку до стадії вилупленої бластоцисти. Смертельним майже для всіх зародків виявився розчин з осмолярністю 4,0 Осм. Визначені також оптимальні концентрації непроникаючих речовин і для яйцеклітин і зародків ВРХ. Розчини таких концентрацій приводять до суттєвої зміни розміру об'єктів і разом з тим не викликають їх загибелі. Показано, що при поміщенні зародків у гіпертонічний 1,5 Осм розчин NaCl об'єм їх клітинної маси за рахунок виходу із клітин води зменшувався у 2,8 рази і 90% зародків після повернення їх в ізотонічне середовище і подальшому культивуванні зберегли життєздатність [7, 8]. Поміщення ж зародків до гіпотонічного 0,2 Осм розчину NaCl за рахунок надходження води усередину клітин приводило до збільшення їх об'єму в 1,4 рази, а після повернення в ізотонічне середовище і культивування їх життєздатність склала 89%. Приведені дані показують, що правильний вибір осмолярності середовища для проведення тієї чи іншої операції наряду з дотриманням певного часового режиму може значно полегшити виконання маніпуляцій та підвищити їх ефективність, що було продемонстровано на прикладі отримання агрегаційних химерних ембріонів ВРХ [9] та вилучення ооцитів і ембріонів із ZP [10]. Тому цей напрямок удосконалення методів мікроманіпуляцій в ембріології потрібно розвивати.

Однак осмотична поведінка та чутливість до тих чи інших маніпуляцій у яйцеклітин та ембріонів різних стадій розвитку може бути не однакова у зв'язку з відмінностями їх морфологічної побудови. Ці ж самі показники можуть суттєво відрізнятися і у одного й того ж об'єкта в одних і тих же умовах в залежності від стану, в якому він знаходиться (в інтактному, денудованому (тобто після виівільнення клітинної маси (КМ) із ZP) чи дебластомерізованому (тобто після розділення КМ ембріона на окремі бластомери (клітини)). Без достатньої кількості даних що до цього про об'єкти всіх стадій розвитку, з якими планується проведення операцій, неможливо скласти повну системну інформацію про яйцеклітини та ембріони певних видів тварин як про об'єкти мікроманіпуляцій. Виходячи із вище викладеного, для практики мікроманіпуляцій з яйцеклітинами та ембріонами ВРХ ранніх доімплантаційних стадій розвитку є актуальним визначення того, як змінюються візуальні морфологічні ознаки та морфометричні параметри цих об'єктів та їх окремих елементів у розчинах різної тонічності (а саме: в ізотонічному (0,29 Осм), гіпотонічному (0,2 Осм) та гіпертонічному (1,5 Осм)) і в залежності від стану, в якому вони знаходяться (а саме: в інтактному, після денудації та після дебластомерізації).

Тому **метою роботи** було визначення впливу розчинів різної осмолярності на морфологію та параметри 15-32-клітинних ембріонів ВРХ, отриманих in vivo, в залежності від їх технологічного стану.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктами досліджень були свіжоотримані докомпактизаційні 15-17-клітинні ембріони 5-денного віку та ранні морули (стадія 16→32 клітин) 6-денного віку, вимиті з репродуктивного тракту оброблених на суперовуляцію корів-донорів відповідно на 5-й та 6-й день після штучного осіменіння (день приходу донора в стан статевої охоти і осіменіння вважали нульовим днем).

Морфометрію кожного ембріона проводили в різних технологічних станах (інтактному, після денудації та після дебластомерізації) і в умовах середовищ з різною осмолярностю. Для роботи з ембріональним матеріалом використовували ізотонічне (0,29 Осм) середовище Дюльбекко з 10% фетальної телячої сироватки, гіпотонічне (0,2 Осм) середовище Дюльбекко з 10% фетальної телячої сироватки та гіпертонічне середовище Дюльбекко з 10% фетальної телячої сироватки, доповнене NaCl до осмолярності 1,5 Осм. Всі маніпуляції з ембріонами проводилися при кімнатній температурі (20-24 ^{o}C).

Для отримання відеозображень об'єктів та проведення з ними необхідних для цього мікроманіпуляцій використовували електромеханічний та механічний мікроманіпулятори, пневматичні насоси, інвертований мікроскоп "AXIOVERT-35", відеокамеру ACE-320, відеомагнітофон "Panasonic", телевізор "Daewoo" та комп'ютер. Необхідні для проведення маніпуляцій мікроінструменти (скляні мікроголки, утримуючі та ін'єкційні мікропіпетки) виготовляли із стандартних скляних капілярів (скло - "Пірекс"; довжина – 180 мм; зовнішній діаметр – 1,5 мм; внутрішній діаметр – 1 мм) за допомогою мікрокузень МК-1 та МК-2, а також приладу для заточування мікроінструментів (виробництва НВО "Біоприбор", м. Пущино, Росія).

Відеозображення кожного з об'єктів в потрібних ракурсах отримували в такій послідовності: спочатку знімали інтактний ембріон в ізотонічному середовищі, потім в гіпотонічному, знову в ізотонічному і нарешті в гіпертонічному середовищі, де його по закінченні зйомки за допомогою мікроприсоски та мікроголки вивільняли із прозорої оболонки; після цієї операції денудований ембріон послідовно знімали в гіпертонії, ізотонії, гіпотонії і знову в ізотонії. Деякі (найкращі за якістю) денудовані ранні морули, а також зародки ранньої докомпактизаційної 15-17-клітинної стадії зразу ж після зйомки розділяли мікроголкою на окремі бластомери в умовах ізотонії або гіпотонії. По закінченні процедури дебластомерізації зародка отримані окремі бластомери послідовно знімали в гіпотонічному, ізотонічному, гіпертонічному та ізотонічному середовищах. Перенесення бластомерів із краплі з одним середовищем в краплю з іншим середовищем проводилося за допомогою ін'єкційної мікропіпетки в певному порядку так, щоб кожний із бластомерів, знятий в умовах різної тонічності, можна було потім ідентифікувати.

Відеозображення кожного із знятих ембріонів в усіх потрібних для роботи ракурсах відцифровували за допомогою певного програмного забезпечення і приводили до єдиного масштабу (1 мм відеозображення відповідає 5 мкм реального розміру об'єкта, тобто збільшення - ×200). Потім за цими відеозображеннями за допомогою програми Adobe Photoshop 6 визначали величини морфометричних параметрів ембріонів у різному технологічному стані і в умовах різної тонічності. Масштабування та розрахунок справжніх значень всіх лінійних параметрів об'єктів за отриманими промірами їх відеозображень проводили з використанням коефіцієнта пропорційності, який визначали між величиною зовнішнього діаметра мікроприсоски або ін'єкційної мікропіпетки (відомих розмірів, які визначали під мікроскопом за допомогою окуляр-метра) та справжнім значенням цього параметра. Статистичну обробку і аналіз отриманих експериментальних даних проводи-

ли з застосуванням методів, викладених у відповідних посібниках з біометрії [11, 12]. Визначення середніх значень та показників варіації морфометричних параметрів ембріонів проводили за описовою статистикою за допомогою програми Microsoft Excel.

У досліджуваних ембріонів визначали наступні морфометричні параметри: зовнішній діаметр ZP, внутрішній діаметр ZP, товщину ZP (визначали як половину різниці між зовнішнім і внутрішнім діаметрами ZP), діаметр КМ ембріона та діаметр окремих ембріональних клітин. Оскільки досліджувані об'єкти мають округлу але все ж таки в різному ступені відмінну від правильної кулі чи сфери форму, то всі перелічені діаметри визначалися як усереднені значення за відповідними найбільшим і найменшим промірами.

Результати досліджень. Проведено досліди з визначення впливу розчинів різної осмолярності на морфологію та параметри докомпактизаційних 15-17-клітинних ембріонів та ранніх морул ВРХ, що мають у своєму складі від 16 до 32 клітин, залежно від їх технологічного стану.

Отримано відповідний ілюстративний матеріал та визначено перелічені вище параметри ембріонів досліджувавних стадій розвитку в умовах розчинів різної тонічності та в різному технологічному стані.

На рис. 1 і 2 представлені відповідно відеозображення прооперованих докомпактизаційного 16-клітинного ембріона та 24-клітинного ембріона, що знаходиться на початку процесу компактизацізації. Ембріони були послідовно витримані і зняті (згідно нумерації на рис. 1 і 2) в ізотонічному (0,29 Осм), гіпертонічному (1,5 Осм) та гіпотонічному (0,2 Осм) середовищах в інтактному, денудованому і дебластомерізированому станах.

Таким чином (рис. 1 і 2) були прооперовані і витримані в розчинах різної тонічності 4 докомпактизаційних ембріони 5-денного віку, що мали у своєму складі від 15 до 17 клітин, і 3 ранніх морули 6-денного віку, що мали у своєму складі від 16 до 32 клітин. Із цих ембріонів процедурі дебластомерізації були піддані 2 кращих за якістю докомпактизаційних 16-клітинних ембріони і 1 рання 24-клітинна морула. У кожного із досліджуваних ембріонів були проведені відповідні виміри і визначені усереднені показники перелічених вище морфометричних параметрів в умовах і станах, представлених на рис. 1 і 2 (у 2 докомпактизаційних ембріонів і 1 ранньої морули за всіма 9 позиціями, у 2 інших докомпактизаційних ембріонів і 2 ранніх морул тільки за першими 6 позиціями). Отримані дані були оброблені статистично. Середні значення і показники варіації досліджуваних морфометричних параметрів взятої в дослід виборки докомпактизаційних 5-денних ембріонів представлені в табл. 1, а виборки ранніх морул 6-денного віку – в табл. 2.

Таблиця 1

Морфометричні параметри докомпактизаційних 15-17-клітинних ембріонів ВРХ в умовах різної тонічності і в різних технологічних станах

Параметри об'єкта		Тонічність середовища														
		Гіпертонія (1,5 Осм)					Ізотонія (0,29 Осм)					Гіпотонія (0,2 Осм)				
		Стат. характеристики параметрів					Стат. характеристики параметрів					Стат. характеристики параметрів				
		$M \pm m$, мкм	lim min, мкм	lim max, мкм	σ, мкм	Cv, мкм	$M \pm m$, мкм	lim min, мкм	lim max, мкм	σ, мкм	Cv, %	$M \pm m$, мкм	lim min, мкм	lim max, мкм	σ, мкм	Cv, %
Зовн. Ø ZP (P≥0,999)		167,5 ± 1,93	164,2	172,5	3,85	2,3	167,5 ± 1,93	164,2	172,5	3,85	2,3	167,5 ± 1,93	164,2	172,5	3,85	2,3
Внутр. Ø ZP (P≥0,999)		137,8 ± 1,93	134,7	142,6	3,85	2,8	137,8 ± 1,93	134,7	142,6	3,85	2,8	137,8 ± 1,93	134,7	142,6	3,85	2,8
Товщина ZP (P≥0,999)		14,8 ± 0,09	14,6	15	0,183	1,23	14,8 ± 0,09	14,6	15	0,183	1,23	14,8 ± 0,09	14,6	15	0,183	1,23
Ø КМ ембріона (P≥0,999)	інтакт-ного	106,6 ± 3,13	101	113	6,263	5,874	130,2 ± 3,70	122	139,8	7,392	5,68	131,9 ± 4,54	122,5	141,3	9,088	6,888
	денудо-ваного	106,6 ± 3,13	101	113	6,263	5,874	119,8 ± 1,25	118,5	121	1,768	1,476	121,3 ± 0,75	120,5	122	1,061	0,875
Ø окр. клітин дебласт. ембріона (n=26; n=32; n=30)		31,04 ± 1,36 ***	13	46	6,928	22,32	39,13 ± 1,40 ***	17	54	7,911	20,22	41,82 ± 1,55 ***	19,5	56	8,5	20,32

*Примітки: *** вірогідно P≥0,999 ; n = 4 ембріони;*

Різниця між Ø КМ інтакт. ембріонів в ізо- і гіпертонії – P≥0,99;
Різниця між Ø КМ інтакт. ембріонів в ізо- і гіпотонії – P≤0,61;
Різниця між Ø КМ інтакт. ембріонів в гіпо- і гіпертонії – P≥0,99;
Різниця між Ø КМ денуд. ембріонів в ізо- і гіпертонії – P≥0,99;
Різниця між Ø КМ денуд. ембріонів в ізо- і гіпотонії – P<0,82;
Різниця між Ø КМ денуд. ембріонів в гіпо- і гіпертонії – P≥0,99;
Різниця між Ø КМ інтакт. і денуд. ембріоніе в ізотонії – P≥0,95;
Різниця між Ø КМ інтакт. і денуд. ембріоніе в гіпотонії – P≤0,90;
Різниця між Ø КМ інтакт. ембр. в ізстонії і денуд. ембр. в гіпотонії – P≤0,90;
Різниця між Ø окр. ембріональних клітин в ізо- і гіпертонії – P≥0,999;
Різниця між Ø окр. ембріональних клітин в ізо- і гіпотонії – P≤0,75;
Різниця між Ø окр. ембріональних клітин в гіпо- і гіпертонії – P≥0,999.

Таблиця 2

Морфометричні параметри ранніх морул ВРХ в умовах різної тонічності і в різних технологічних станах

Параметри об'єкта		Тонічність середовища														
		Гіпертонія (1,5 Осм)					Ізотонія (0,29 Осм)					Гіпотонія (0,2 Осм)				
		Стат. характеристики параметрів					Стат. характеристики параметрів					Стат. характеристики параметрів				
		$M \pm m$, мкм	*lim*		σ, мкм	C_V, мкм	$M \pm m$, мкм	*lim*		σ, мкм	C_V, %	$M \pm m$, мкм	*lim*		σ, мкм	C_V, %
			min, мкм	*max*, мкм				*min*, мкм	*max*, мкм				*min*, мкм	*max*, мкм		
Зовн. Ø ZP (P≥0,999)		170,2 ± 3,54	163,2	174,3	6,13	3,6	170,2 ± 3,54	163,2	174,3	6,13	3,6	170,2 ± 3,54	163,2	174,3	6,13	3,6
Внутр. Ø ZP (P≥0,999)		135,2 ± 3,25	128,7	138,6	5,63	4,2	135,2 ± 3,25	128,7	138,6	5,63	4,2	135,2 ± 3,25	128,7	138,6	5,63	4,2
Товщина ZP (P≥0,999)		17,5 ± 0,22	17,2	17,9	0,39	2,22	17,5 ± 0,22	17,2	17,9	0,39	2,22	17,5 ± 0,22	17,2	17,9	0,39	2,22
Ø КМ ембріона (P≥0,999)	інтакт-ного	95,7 ± 0,78	94,5	97,2	1,34	1,4	124,5 ± 2,78	121	130	4,82	3,9	128,6 ± 3,35	122,9	134,5	5,81	4,5
	денудо-ваного	93,5 ± 1,54	90,5	95,6	2,67	2,9	116,4 ± 2,56	111,3	119	4,43	3,8	128,5 ± 7,78*	113	137,8	13,48	10,5
Ø окр. клітин дебласт. ембріона (n=13; n=15; n=10)		24,94 ± 0,85 ***	18,75	29,75	3,066	12,29	30,35 ± 0,92 ***	24,75	38	3,544	11,68	36,03 ± 1,55 ***	28	44	4,915	13,64

*Примітки: n = 3 ембріони; * - P≥0,99; : *** - P≥0,999*

Різниця між Ø КМ інтакт. ембріонів в ізо- і гіпертонії – P≥0,999;
Різниця між Ø КМ інтакт. ембріонів в ізо- і гіпотонії – P<0,61;
Різниця між Ø КМ інтакт. ембріонів в гіпо- і гіпертонії – P≥0,95;
Різниця між Ø КМ денуд. ембріонів в ізо- і гіперт онії – P≥0,95;
Різниця між Ø КМ денуд. ембріонів в ізо- і гіпотонії – P≤0,75;
Різниця між Ø КМ денуд. ембріонів в гипо- і гіпертонії – P≥0,95;
Різниця між Ø КМ інтакт. і денуд. ембріонів в гіпертонії – P≤0,90;
Різниця між Ø КМ інтакт. і денуд. ембріонів в ізотонії – P≤0,90;
Різниця між Ø КМ інтакт. і денуд. ембріонів в гіпотонії – P<0,90;
Різниця між Ø КМ інтакт. ембр. в ізотонії і денуд. ембр. в гіпотонії – P<0,90;
Різниця між Ø КМ інтакт. ембр. в гіпотонії і денуд. ембр. в гіпотонії - P<0,90;
Різниця між Ø окр. ембріональних клітин в ізо- і гіпертонії – P≥0,999;
Різниця між Ø окр. ембріональних клітин в ізо- і гіпотонії – P≥0,99;
Різниця між Ø окр. ембріональних клітин в гіпо- і гіпертонії – P≥0,999.

Було констатовано, що поміщення інтактних докомпактизаційних 15-17-клітинних ембріонів і ранніх морул в розчини з різною осмолярністю ніяк не вплинуло на параметри і видимі морфологічні ознаки їх ZP (рис. 1 і 2 (1-3)). Середні значення (M±m) зовнішнього і внутрішнього діаметрів, а також товщини ZP, визначені у 4 інтактних 15-17-клітинних ембріонів в умовах різної тонічності показали високу ступінь вірогідності (P≥0,999) і відповідно склали 167,5 ± 1,93 мкм, 137,8 ± 1,93 мкм і 14,8 ± 0,09 мкм (табл. 1). Перелічені параметри ZP у ембріонів даної виборки характеризувалися низькою варіабельністю. Різниця між найменшим і найбільшим ембріонами за зовнішнім (164,2 мкм і 172,5 мкм) і внутрішнім (134,7 мкм і 142,6 мкм) діаметрами ZP склала близько 8 мкм, а за товщиною ZP (14,6 мкм і 15 мкм) – 0,4 мкм. Коефіцієнти варіації (Cv) цих параметрів відповідно склали 2,3%, 2,8% і 1,23%. Середні значення (M±m) зовнішнього і внутрішнього діаметрів, а також товщини ZP, визначені у 3 інтактних ранніх морул в умовах різної тонічності суттєво не відрізнялися від таких у 15-17-клинних ембріонів. Вони також показали високий рівень вірогідності (P≥0,999) і відповідно склали 170,2±3,54 мкм, 135,8±3,25 мкм та 17,5±0,22 мкм (табл. 2). Перелічені параметри ZP у ембріонів цієї вибірки характеризувалися невисокою варіабельністю. Різниця між найменшим і найбільшим ембріонами за зовнішнім (163,2 і 174,3 мкм) і внутрішнім (128,7 і 138,6 мкм) діаметрами ZP склала відповідно близько 11 мкм і 10 мкм, а за товщиною ZP (17,2 мкм та 17,9 мкм) – 0,7 мкм. Коефіцієнти варіації (Cv) цих параметрів відповідно склали 3,6%, 4,2% та 2,22%.

Що стосується видимих морфологічних змін КМ докомпактизаційних 15-17-клітинних ембріонів і ранніх морул, що спостерігалися при послідовному поміщенні їх в розчини із заданою осмолярністю, то можна констатувати наступне. Не було виявлено видимих відмінностей в осмотичній поведінці КМ ембріонів даних стадій розвитку в залежності від наявності або відсутності у них ZP (рис. 1 і 2 (1-6)). Тобто, характер морфологічних змін КМ, обумовлених зміною осмолярності навколишнього середовища, був практично однаковим у ембріонів, як в інтактному стані, так і після денудації. Морфологічні зміни КМ, що спостерігалися у докомпактизаційних 15-17-клітинних ембріонів та ранніх морул, зводилися до наступного. При перенесенні ембріона з ізотонічного (0,29 Осм) середовища в гіпотонічне (0,2 Осм) середовище спостерігалося набухання та округлення клітин, що входять до складу КМ, і, як наслідок цього, збільшення загального розміру КМ, яке, однак, візуально було ледь помітним. При поміщенні ембріона в гіпертонічне (1,5 Осм) середовище спостерігалося добре виражене стиснення як самої КМ, так і кожної клітини, що входить до її складу. Поверхня клітин внаслідок значного зменшення їх об'єму в гіпертонії набувала нерівної зморшкуватої форми, що супроводжувалося також зменшенням прозорості клітин внаслідок виходу з них води та ущільнення цитоплазми. При поверненні ембріонів в ізотонічні умови, як із гіпотонії, так і з гіпертонії, їх КМ за візуальною оцінкою відновлювала свої вихідні розміри та форму.

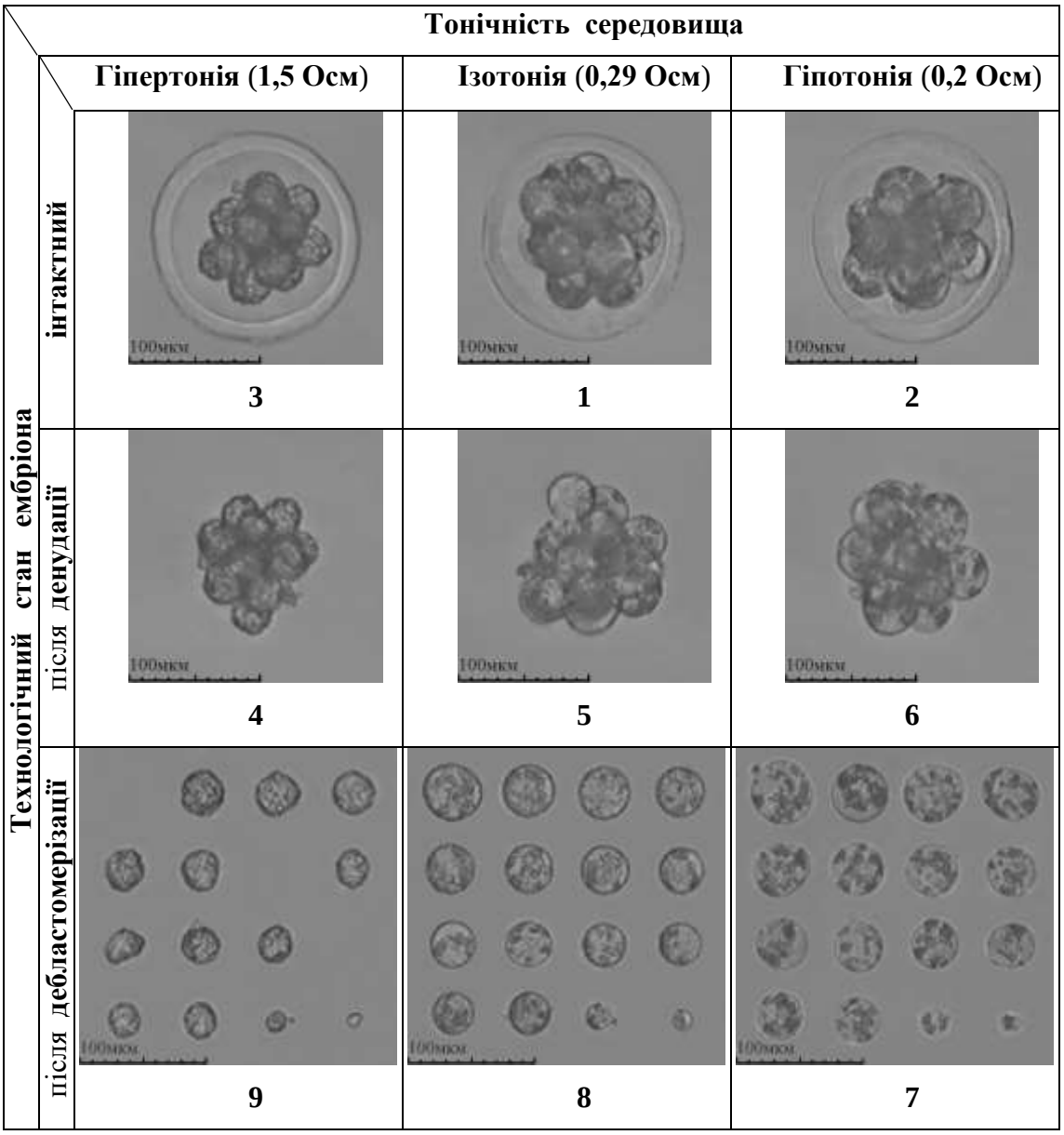


Рис. 1. Докомпактизаційний 16-клітинний ембріон ВРХ у різних технологічних станах та в умовах різної тонічності:
1-9 – нумерація послідовності отримання відеозображень прооперованого ембріона.

Зменшення або збільшення розмірів КМ 15-17-клітинних ембріонів та ранніх морул при перенесенні їх із розчину з однією осмолярністю в розчин з іншою осмолярністю відбувалося приблизно пропорційно їх формі (рис. 1 і 2 (1-6)).

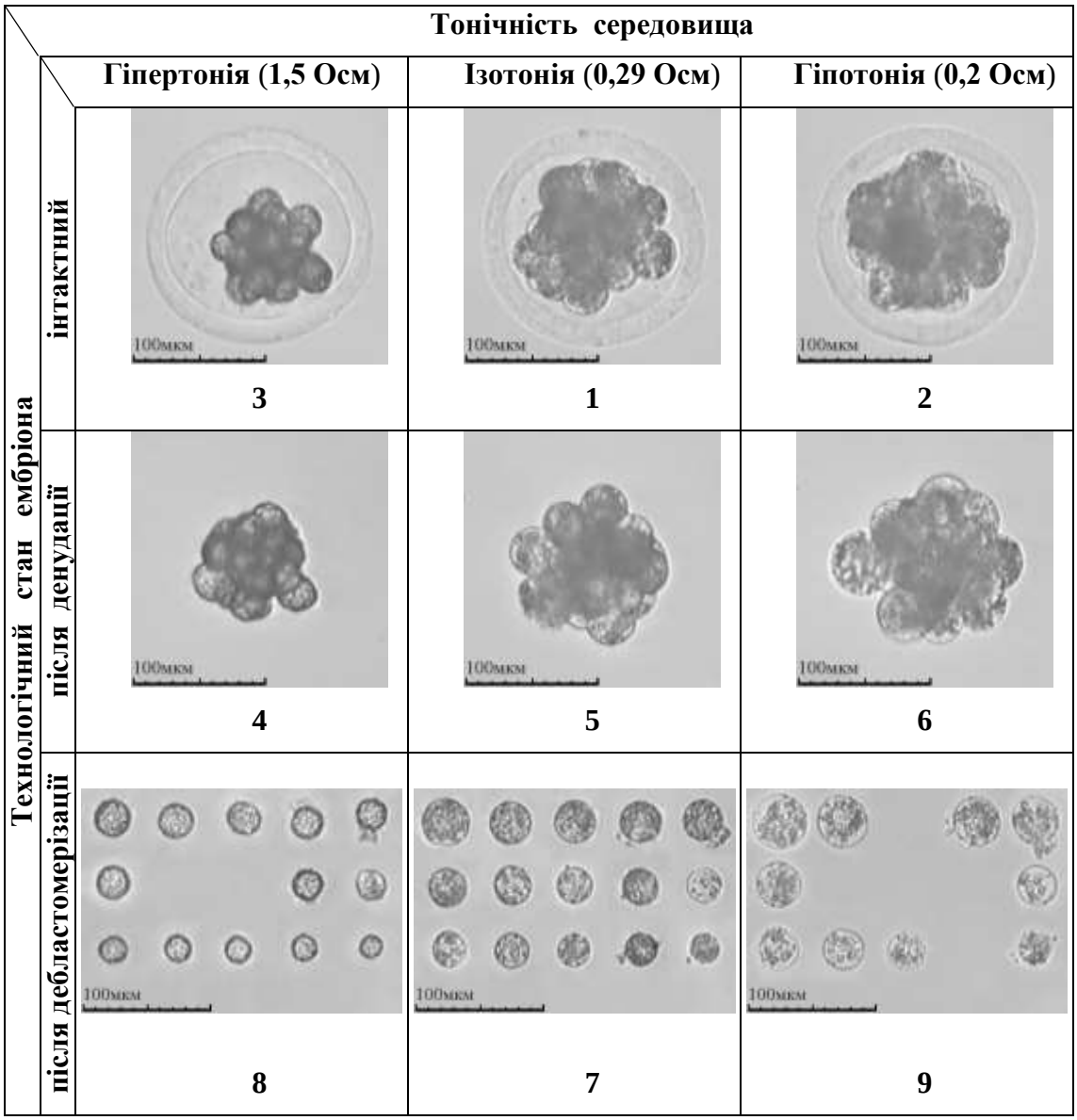


Рис. 2. 24-клітинний ембріон ВРХ (початок компактизації) у різних технологічних станах та в умовах різної тонічності:
1-9 – нумерація послідовності отримання відеозображень прооперованого ембріона.

Динаміка зміни параметрів КМ у докомпактизаційних 15-17-клітинних ембріонів і у ранніх морул при послідовному поміщенні їх у розчини різної тонічності була багато в чому подібною, проте мала і деякі відмінності (рис. 1 і 2 (1-6) та табл. 1 і 2). Точні вимірювання параметрів КМ ембріонів цих стадій розвитку за їх відеозображеннями, отриманими послідовно в умовах різної тонічності, показали, що розміри КМ залежать не тільки від осмолярності того середовища, в яке ембріон поміщений, а й від осмолярності середовища, в якому він знаходився до цього. Слід також зазначити, що в більшості випадків помітити встановлені відмінності в параметрах КМ ембріонів візуально через мікроскоп було б досить важко (рис. 1 і 2 (1-6) та табл. 1 і 2). Так, вихідне середнє значення (M±m) діаметра КМ у інтактних 15-17-клітинних ембріонів в ізотонічному (0,29 Осм) середовищі склало 130,2 ± 3,7 мкм, а у інтактних ранніх морул – 124,5 ± 2,78 мкм. При перенесенні ембріонів цих стадій розвитку з ізотонічного в гіпотонічне (0,2 Осм) середовище

середнє значення діаметра їх КМ змінилося не достовірно (P≤0,61). У докомпактизаційних 15-17-клітинних ембріонів воно збільшилося всього на 1% і склало 131,9±4,54 мкм, а у ранніх морул – на 3% і склало 128,6±3,35 мкм. В умовах гіпертонічного (1,5 Осм) середовища середнє значення діаметра КМ інтактних 15-17-клітинних ембріонів зменшилося до 106,6 ± 3,13 мкм. Це становило 82% від їхнього початкового середнього значення в ізотонії і мало достовірну з ним різницю (P≥0,99). Середнє значення діаметра КМ ранніх інтактних морул в умовах гіпертонії (1,5 Осм) зменшилося до 95,7 ± 0,78 мкм. Це становило 77% від їхнього початкового середнього значення в ізотонії і мало з ним достовірну різницю (P≥0,999). Після денудації в гіпертонічному (1,5 Осм) середовищі середнє значення та показники варіації діаметра КМ цих же 15-17-клітинних ембріонів залишилися незмінними. Тобто, процес звільнення із ZP в умовах гіпертонії тим способом, який ми використовували в даній роботі [10], практично не вплинув на розміри та морфологію КМ прооперованих 15-17-клітинних ембріонів. Середнє значення діаметра КМ ранніх морул після денудації в гіпертонічному (1,5 Осм) середовищі незначно зменшилося (приблизно на 2%, тобто до 93,5±1,54 мкм), а показники варіації збільшилися приблизно в 2 рази. Однак ці зміни не мали достовірної різниці (P≤0,61) і були обумовлені очищенням КМ денудованих ембріонів від невеликої кількості мертвих клітин, що були відпочатку в їх складі. Після перенесення витриманих в гіпертонічному (1,5 Осм) середовищі денудованих 15-17-клітинних ембріонів в ізотонічне (0,29 Осм) середовище середнє значення діаметра їх КМ склало 119,8 ± 1,25 мкм. Ця величина відповідає приблизно 92% вихідної величини даного показника у інтактних ембріонів в ізотонії, має достовірну різницю (P≥0,95) і вказує на те, що після часткового зневоднення ембріонів в гіпертонії їх об'єм в ізотонічних умовах відновлюється не повною мірою. Після перенесення в ізотонічне (0,29 Осм) середовище витриманих у гіпертонічному (1,5 Осм) середовищі денудованих ранніх морул об'єм їх КМ також відновився не повною мірою. Це могло бути обумовлено частково осмотичним впливом, а частково очищенням КМ після денудації від залишків мертвих клітин. Середнє значення діаметра КМ ранніх денудованих морул в ізотонії склало 116,4 ± 2,56 мкм. Ця величина відповідає приблизно 93% вихідної величини даного показника у інтактних ембріонів в ізотонії, проте має з нею не достовірну різницю (P≤0,90). При подальшому перенесенні денудованих 15-17-клітинних ембріонів в гіпотонію середнє значення їх діаметра збільшилося до 121,3 ± 0,75 мкм, але все ж таки не досягло тієї величини, яка була у інтактних ембріонів в умовах ізотонії (93% від 130,2 ± 3,7 мкм) і тим більше гіпотонії (92% від 131,9 ± 4,54 мкм), і мало з ними не достовірну різницю (P≤0,90) (рис. 1 (1-6) і табл. 1). При перенесенні із ізотонії до гіпотонії денудованих ранніх морул середнє значення діаметра їх КМ збільшилося до 128,5 ± 7,78 мкм, і практично досягло тієї ж величини, яка була у них в гіпотонії в інтактному стані (128,6 ± 3,35 мкм). Різниці між діаметрами КМ ранніх морул у гіпотонії та ізотонії в інтактному та денудованому станах також показали низький рівень достовірності (P<0,90) (рис. 2 (1-6) і табл. 2).

2 кращих за якістю денудованих 16-клітинних ембріона і 1 з ранніх денудованих морул після експозиції в розчинах різної тонічності були розділені на окремі клітини. Дебластомерізація одного 16-клітинного ембріона була проведена в ізотонічному (0,29 Осм) середовищі, а другого – в гіпотонічному (0,2 Осм) середовищі. Від кожного 16-клітинного ембріона було отримано по 16 цілих клітин (збереженість склала 100%). Дебластомерізацію ранньої морули проводили в ізотонічному (0,29 Осм) середовищі. Початок формування щільних міжклітинних контактів на цій стадії ембріонального розвитку відчутно ускладнював процес по-

ділу ембріона на окремі бластомери та зумовлював неминучість механічного пошкодження певної їх кількості. З 24 клітин, що входили до складу прооперованої ранньої морули, одна клітина початково мала ознаки ушкодження та 8 клітин були пошкоджені в процесі дебластомеризації. В результаті було отримано 15 цілих окремих клітин (збереженість склала 62,5%). Клітини кожного з дебластомерізованих ембріонів у певних послідовностях були витримані та зняті на відео у розчинах різної тонічності. Всі клітини були ідентифіковані і за отриманими відеозображеннями було відстежено індивідуальний характер морфометричних змін кожної з клітин у розчинах різної осмолярності (рис. 1 (7-9) і рис. 2 (7-9)).

Середні значення (M±m) діаметра окремих клітин, визначені по кожному з досліджуваних 16-клітинних ембріонів в умовах середовищ з відповідними осмолярностями, не мали між собою достовірних відмінностей. Це дозволило нам об'єднати дані, отримані за цими двома ембріонами, в одну вибірку для більш об'єктивної оцінки впливу розчинів різної осмолярності на морфометричні параметри окремих клітин докомпактизаційних ембріонів 5-денного віку. Середні значення (M±m) діаметра окремих клітин 16-клітинних ембріонів, визначені в умовах різної тонічності, показали високий ступінь достовірності (P≥0,999) і склали: в ізотонічному (0,29 Осм) середовищі – 39,13 ± 1,40 мкм (n=32), у гіпотонічному (0,2 Осм) середовищі – 41,82 ± 1,55 мкм (n=30) та у гіпертонічному (1,5 Осм) середовищі – 31,04 ± 1,36 мкм (n=26) (табл. 1). Діаметри окремих ембріональних клітин в умовах ізотонії (0,29 Осм) та гіпертонії (1,5 Осм), а також гіпотонії (0,2 Осм) та гіпертонії (1,5 Осм) мають між собою достовірну різницю (P≥0,999). Різниця між діаметрами окремих ембріональних клітин в умовах ізотонії (0,29 Осм) і гіпотонії (0,2 Осм) була не значною і не достовірною (P≤0,75). При цьому клітини, що входили до складу досліджуваних 16-клітинних ембріонів досить сильно відрізнялися між собою за розміром (рис. 1 (7-9)). Так, найменша та найбільша клітини даної вибірки різнилися по діаметру в умовах ізотонії (0,29 Осм) майже в 3 рази (17 мкм і 54 мкм). Коефіцієнт варіації (Cv) цього параметра в ізотонії становив 20,22%. Приблизно така ж варіабельність клітин за діаметром мала місце в гіпотонії (Cv=20,32%) і гіпертонії (Cv=22,32%) (табл. 1).

Середні значення (M±m) діаметра уцілілих після дебластомерізації клітин 24-клітинної ранньої морули, визначені в умовах різної тонічності, показали високий ступінь достовірності (P≥0,999) і склали: в ізотонічному (0,29 Осм) середовищі – 30,35 ± 0, 92 мкм (n=15), у гіпертонічному (1,5 Осм) середовищі – 24,94 ± 0,85 мкм (n=13) і в гіпотонічному (0,2 Осм) середовищі – 36,03 ± 1,55 мкм (n=10) (табл. 2). Діаметри окремих ембріональних клітин в умовах ізотонії (0,29 Осм) та гіпертонії (1,5 Осм), ізотонії (0,29 Осм) та гіпотонії (0,2 Осм), а також гіпотонії (0,2 Осм) та гіпертонії (1,5 Осм) мають між собою достовірні різниці (відповідно: P≥0,999; P≥0,99; P≥0,999). При цьому варіабельність за розміром у клітин, що залишилися цілими після дебластомерізації 24-клітинного ембріона (рис. 2 (7-9) і табл. 2), була майже в 2 рази менша, ніж у клітин дебластомерізованих 16-клітинних ембріонів (рис. 1 (7-9) і табл. 1). Так, найменша і найбільша клітини даної вибірки різнилися за діаметром в умовах ізотонії (0,29 Осм) приблизно в 1,5 рази (25 мкм і 38 мкм). Коефіцієнт варіації (Cv) цього параметра в ізотонії становив 11,68%. Приблизно така ж варіабельність клітин за діаметром мала місце в гіпотонії (Cv=13,64%) і гіпертонії (Cv=12,29%) (табл. 2).

Висновки:

1. Отримано ілюстративний матеріал, що дозволяє наочно спостерігати дію розчинів різної тонічності на морфологію докомпактизаційних 16-клітинних ембріонів та ранніх морул ВРХ в залежності від їхнього технологічного стану.

2. Визначено середні значення та показники варіації основних морфометричних параметрів ембріонів цих стадій розвитку послідовно в інтактному, денудованому та дебластомеризованому станах в ізотонічних (0,29 Осм), гіпертонічних (1,5 Осм) та гіпотонічних (0, 2 Осм) умовах.

3. На підставі отриманих морфометричних даних можна прогнозувати поведінку ембріонів під час маніпуляцій, визначати послідовність, техніку та умови проведення з ними операцій, а також види, форму та розміри необхідних для цього мікроінструментів.

Бібліографічний список

1. Кауффольд П., Тамм И., Шихов И. Я., Эриг Ф., Фальге Р., Роммель П. Оценка качества эмбрионов крупного рогатого скота: Руководство по пересадке эмбрионов. Москва: Агропромиздат, 1990. 56 с.: ил.

2. Yang X., Chen Y. Q., Chen J. B., Foote R. H. Potential of hypertonic medium treatment for embryo micromanipulation: I. Survival of rabbit embryos in vitro and in vivo following sucrose treatment. *Mol. Reprod. Dev*. 1990, 27. P.110-117.

3. Yang X., Chen J. B., Chen Y. Q., Foote R. H. Improved developmental potential of rabbit oocytes fertilized by sperm microinjection into perivitelline space enlarged by hypertonic media. *J. Exp. Zool*. 1990, 255(1). P.114-119.

4. Yang X., Zhang L., Kovaks A., Tobback C., Foote R. H. Potential of hypertonic medium treatment for embryo micromanipulation: II. Assessment of nuclear transplantation methodology, isolation, subzona insertion, and electrofusion of blastomeres to intact or functionally enucleated oocytes in rabbits. *Mol. Reprod. Dev*. 1990, 27. P. 118-129.

5. Liu J. L., Sung L. Y., Barber M., Yang X. Hypertonic Medium Treatment for Localization of Nuclear Material in Bovine Metaphase II Oocytes. *Biol. of Reprod*. 2002. 66(5). P. 1342-1349.

6. van Os H. C., Zeilmaker G. H. Volumetric behavior and survival of mouse zygotes and embryos in hyperosmotic media. *Hum. Reprod*. 1986. 1(2). P. 95-98.

7. А.с.1727822 1А СССР, МКИ А61D 19/04, С12Q 1/24. Способ проведения микрохирургических операций с яйцеклетками и эмбрионами/ Осташко Ф. И., Безуглый Н. Д., Гордиенко Н. А. (СССР). №4832540/15; Заявл. 12.04.1992; Опубл. 23.04.1992; Бюл.№ 15. 3 с.

8. Гордиенко Н. А., Безуглый Н. Д., Бондаренко А. И. Использование неизотонических растворов для проведения микрохирургических операций с яйцеклетками и эмбрионами млекопитающих. *Тезисы докладов Российско-Германского симпозиума "Успехи биотехнологии в размножении сельскохозяйственных животных"*. 1992.

9. Пат.17876А Україна, МКВ6 А61D 19/04 Спосіб отримання химерних ембріонів/ Безуглий М. Д., Гордієнко Н. О., Лісін В. І. (Україна). №96083085; Заявл. 01.08.1996; Опубл. 03.06.1997. Бюл. №5. 4 с.

10. Лисин В. И. Техника микрохирургической денудации яйцеклеток и эмбрионов млекопитающих. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва УААН*. Харків, 2006. № 94. С. 207-213.

11. Барановский Д. И., Любецкий М. Д., Прудников В. Г., Тищенко С. И. Методические рекомендации для самостоятельного изучения основ биометрии. Харьков, ХЗВИ, 1988. 87 с.

12. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. ВУЗов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Высшая школа, 1990. 352 с.

References

1. Kauffold, P., Tamm, I., Shihov, I. Ya., Erig, F., Falge, R., & Rommel, P. (1990). Ocenka kachestva embrionov krupnogo rogatogo skota: Rukovodstvo po peresadke embrionov [Assessing the Quality of Bovine Embryos: A Guide to Embryo Transfer]. Moskva : Agropromizdat, 56 [in Russian]

2. Yang, X., Chen, Y. Q., Chen, J. B., & Foote, R. H. (1990). Potential of hypertonic medium treatment for embryo micromanipulation: I. Survival of rabbit embryos in vitro and in vivo following sucrose treatment. *Mol. Reprod. Dev*. 27. 110-117.

3. Yang, X., Chen, J. B., Chen, Y. Q., & Foote, R. H. (1990). Improved developmental potential of rabbit oocytes fertilized by sperm microinjection into perivitelline space enlarged by hypertonic media. *J. Exp. Zool*. 255(1). 114-119.

4. Yang, X., Zhang, L., Kovaks, A., Tobback, C., & Foote, R. H. (1990). Potential of hypertonic medium treatment for embryo micromanipulation: II. Assessment of nuclear transplantation methodology, isolation, subzona insertion, and electrofusion of blastomeres to intact or functionally enucleated oocytes in rabbits. *Mol. Reprod. Dev*., 27. 118-129.

5. Liu, J. L., Sung, L. Y., Barber, M., & Yang, X. (2002). Hypertonic Medium Treatment for Localization of Nuclear Material in Bovine Metaphase II Oocytes. *Biol. of Reprod*. 66(5). 1342-1349.

6. van Os, H. C., & Zeilmaker, G. H. (1986). Volumetric behavior and survival of mouse zygotes and embryos in hyperosmotic media. *Hum. Reprod*. 1(2). 95-98.

7. A.s.1727822 1A SSSR, MKI A61D 19/04, C12Q 1/24. Sposob provedenia mikrohirurgicheskih operaciy s yaycekletkami i embrionami [Method for performing microsurgical operations with oocytes and embryos] Ostashko F. I., Bezugly N. D., Gordienko N. A. (SSSR). №4832540/15; Zayavl. 12.04.1992; Opubl. 23.04.1992; Bul.№ 15. 3 s. [in Russian]

8. Gordienko, N. A., Bezugly, N. D., & Bondarenko ,A. I. (1992). Ispolzovanie neizotonicheskih rastvorov dla provedenia mikrohirurgicheskih operaciy s yaycekletkami i embrionami mlekopitayuschih [The use of non-isotonic solutions for microsurgical operations with mammallian oocytes and embryos]. *Tezisy dokladov Rossiysko-Germanskogo simpoziuma* "*Uspehi Biotehnologii v razmnozhenii selskohoziaystvennyh zhivotnyh*" [in Russian]

9. Pat.17876A Ukraina, MKV6 A61D 19/04 Sposib otrymannia hymernyh embrioniv [The method of obtaining chimeric embryos] Bezugly M.D., Gordienko N.O., Lisin V.I. (Ukraina). № 96083085; Zayavl. 01.08.1996; Opubl. 03.06.1997. Bul. №5. 4 p. [in Ukrainian]

10. Lisin, V. I. (2006). Tehnika mikrohirurgicheskoy denudacii yaycekletok i embrionov mlekopitayuschih [The technique of microsurgical denudation of mammalian oocytes and embryos]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN – Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine*. Kharkiv, № 94. P. 207-213. [in Russian]

11. Baranovskiy, D. I., Lubeckiy, M. D., Prudnikov, V. G., & Tischenko, S. I. (1988). Metodicheskiye rekomendacii dla samostoyatelnogo izuchenia osnov biometrii [Guidelines for self-study of the basics of biometrics]. Harkov, HZVI, 87 s. [in Russian]

12. Lakin, G. F. (1990). Biometria: Ucheb. posobiye dla biol. spec. VUZov [Biometrics: Textbook for Biological Specialties of Universities]. Moskva : Vysshaya shkola, 352 [in Russian]

INFLUENCE OF SOLUTIONS OF DIFFERENT OSMOLARITY ON MORPHOMETRIC PARAMETERS OF 15-32-CELLS BOVINE EMBRYOS

Lisin V. I., Khmelkov V. M., Bugrov O. D., Dibirov M. K., Institute of Animal Science NAAS

The illustrative material was obtained that allows to observe clearly the effect of different tonicity solutions on the morphology of bovine 5-days pre-compacted 15-17-cells embryos and 6-days early morulae obtained in vivo, depending on their technological state.

The average values and rates of variation of the following morphometric parameters were determined in embryos at the stages of the developmental study: outer and inner zona pellucida (ZP) diameters, ZP thickness, embryonic cell mass (CM) diameter and individual embryonic cell diameters. The mentioned parameters were determined in each of the embryos consistently in intact, denuded and deblastomerised states in isotonic (0.29 Osm), hypertonic (1.5 Osm) and hypotonic (0.2 Osm) conditions.

Manipulations with embryos were carried out in such a way that during consistent transfer through solutions of different osmolarity, it was possible to identify the dynamics of changes in the morphology and parameters of each of the embryos (in the intact state and after denudation) and of each of the individual embryonic cells (after deblastomerisation of the embryo).

A decrease or increase in the size of the CM of embryos of the studied developmental stages during their successive transfer through solutions with different osmolarity occurred with the preservation of the approximate proportionality of their shape. After partial dehydration in hypertonia, the denuded embryos recovered their sizes mostly not fully relative to their initial sizes in the intact state in solutions of the appropriate osmolarity. Similar osmotic behavior was also observed in individual cells of deblastomerised embryos.

The experimental data presented in the article make it possible to predict the behavior of embryos during micromanipulations, to determine the sequence, technique and conditions of operations with them, as well as the types, shape and sizes of microtools necessary for this.

Key words: bovine; embryo morphometric parameters; pre-compacted 15-17-cells embryos; early morulae; intact, denuded and deblastomerised states; isotonic, hypertonic and hypotonic conditions.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-118-130
УДК 636.4.082.453.5(477)

ДОРОБОК ВЧЕНИХ ВІДДІЛУ БІОТЕХНОЛОГІЇ РЕПРОДУКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН ІНСТИТУТУ ТВАРИННИЦТВА НААН У РОЗВИТОК ГАЛУЗІ ВІДТВОРЕННЯ СВИНЕЙ

(ОГЛЯДОВА)

Мартинюк І. М. к. с.-г. н., https://orcid.org/0000-0002-3675-124X
Інститут тваринництва НААН

Проаналізовано науковий внесок вчених лабораторії штучного осіменіння сільськогосподарських тварин Інституту тваринництва НААН (нині відділ біо-

технології репродукції сільськогосподарських тварин) у розвиток штучного осіменіння, як методу крупномасштабної селекції у вітчизняному тваринництві.

Показана робота вчених у розробці галузевих фундаментальних та прикладних досліджень в справі вивчення фізіології розмноження свиней. Відстежено розвиток лабораторії відтворення свиней з моменту її існування і до теперішнього часу.

Висвітлено наукові дослідження вчених лабораторії у повоєнні роки, які були спрямовані щодо впровадження методу штучного осіменіння у господарства країни. Вченим Т. М. Козенко було запропоновано глюкозо-цитратно-жовткове середовище для розбавлення і зберігання сперми кнурів (1950). До скарбниці його розробок віднесено дерев'яне чучело свині, штучна вагіна для отримання сперми від кнурів, скляний прилад для осіменіння свиноматок і інше.

Проведена оцінка внеску професора І. В. Смирнова, у розвиток біотехнологічної науки. Із його ім'ям пов'язане розроблення методу довготривалого зберігання сперми, удосконалення техніки та технології штучного осіменіння, розвиток основ біології розмноження сільськогосподарських тварин. Проведені вченим дослідження стали поштовхом до розробки методів заморожування та тривалого зберігання сперми плідників співробітниками лабораторії біології розмноження та штучного осіменіння сільськогосподарських тварин С. І. Сердюком та А. А. Бєліковим (1972).

Окреслено пріоритетні розробки співробітників лабораторії відтворення свиней на чолі з доктором ветеринарних наук, професором С. І. Сердюком. Ними проведено комплексні дослідження з питань відтворення і штучного осіменіння свиней, а саме, оцінки якості сперми кнурів за використання оптичного стандарту, глибокого заморожування сперми кнурів у рідкому азоті за температури -196 ºС. Розроблено і впроваджено у виробництво прилад для штучного осіменіння свиней ПОС-5, систему організації штучного осіменіння свиней на великий спеціалізованих комплексах.

Вчені лабораторії збагатили вітчизняну науку новими перспективними розробками, впровадили прогресивні способи відтворення у племінних господарствах України.

Ключові слова: **науковий внесок, штучне осіменіння, свинарство, відтворення.**

Біотехнологічний метод штучного осіменіння сільськогосподарських тварин, є значним науковим і технічним досягненням сучасної біологічної науки. Використання штучного осіменіння, як основного зоотехнічного прийому в розведенні сільськогосподарських тварин фізіологічно оправдано та економічно вигідно. Застосування цього методу в поєднанні з тривалим зберіганням сперми в замороженому стані відкрило можливість отримання десятків тисяч нащадків від одного плідника за рік та забезпечило великий успіх у галузі поліпшення генетики тварин [1].

У сучасному світі метод штучного осіменіння дозволяє в короткий термін отримати від плідника більшу кількість приплоду і шляхом відбору і підбору посилити і закріпити якісні ознаки. За допомогою даного методу створюються породні групи і нові породи свиней, скорочується тривалість оцінки якості потомства. Цей прийом, по суті, вирішує проблему раціонального використання плідників у практиці тваринництва.

У 2022 році виповнилося 90 років із дня заснування лабораторії штучного осіменіння сільськогосподарських тварин в Українському науково-дослідному

інституті тваринництва (нині відділ біотехнології репродукції сільськогосподарських тварин Інституту тваринництва НААН).

Із дня заснування (1932), науковцями лабораторії зроблено величезний внесок у справі розробки приладів для штучного осіменіння свиней та впровадження їх у виробництво. Завдяки їх наполегливій праці, винахідливості, цей метод стали використовувати, як на великих свинарських комплексах, так і на малих фермерських господарствах, замінюючи ним природне парування.

Мета даної роботи – аналіз результатів наукових досліджень у галузі штучного осіменіння свиней вчених лабораторії відтворення свиней ІТ НААН.

Матеріали та методи досліджень. Методичний підхід застосовувався на вивчені архівних матеріалів установи, друкованих матеріалів звітнього характеру та наукових публікацій. Теоретико-методологічну основу дослідження складають принципи науковості та комплексного підходу до вивчення фактичного матеріалу.

Застосовано загальнонаукові (аналіз, класифікація) та історичні (порівняльно історичний) методи досліджень.

Результати досліджень. До початку війни (1940) питанням відтворення свиней у лабораторії штучного осіменіння Українського науково-дослідного інституту тваринництва (нині Інститут тваринництва НААН) займався Трохим Михайлович Козенко, який на той час займав посаду заступника завідуючого лабораторії штучного осіменіння відділу селекції та розмноження сільськогосподарських тварин. У 1941 році Т. М. Козенко було призначено завідуючим лабораторії штучного осіменіння сільськогосподарських тварин, яку він очолював протягом 18 років [2].

Невідкладна проблема повоєнного сільського господарства полягала у прискоренні відтворення тварин, зокрема свиней, у зв'язку з цим підвищувалась роль штучного осіменіння тварин. Для вирішення цього питання колективом лабораторії, під керівництвом Т. М. Козенко, було розроблено дерев'яне чучело свині, яке використовувалось на станції штучного осіменіння дослідного господарства „Українка" Інституту тваринництва Лісостепу і Полісся УССР, створеній у 1947 році. За причини недостатньої кількості племінних тварин у той час постало питання максимального використання плідників, зокрема кнурів. Козенко Т. М. довів можливість використання чужорідної сперми для часткової заміни сперми плідників свого виду (1948), та вибірковість статевих клітин за заплідненості, спрямовану на одержання життєво здатного потомства (1949).

Досліди з осіменіння змішаною спермою кнурів виявили, позитивний вплив на заплідненість, плодючість маток та життєздатність потомства. Вченим було розроблено і запропоновано глюкозо-цитратно-жовткове середовище для розбавлення і зберігання сперми кнурів (1950). Науковими дослідженнями, проведеними Козенком Т. М. встановлено, що жовток має властивість підвищувати стійкість сперматозоїдів до різкого охолодження. Завдяки цьому сперму розбавлену жовтковим розріджувачем можна було охолоджувати набагато швидше, ніж нерозбавлену, не турбуючись за шкідливі наслідки. Він розробив скляний прилад для осіменіння свиноматок, визначив оптимальні строки їх осіменіння, вплив кратності розрідження сперми на її виживаність (1956) [3, 4]. За свої досягнення в галузі відтворення тварин та створення в країні першої станції штучного осіменіння Трохиму Михайловичу Козенку було присуджено у 1947 році Державну премію.

У становленні та розвитку науки про відтворення сільськогосподарських тварин істотний внесок належить відомому вітчизняному вченому, доктору біологічних наук, професору І. В. Смирнову, який працював у лабораторії штучного

осіменіння сільськогосподарських тварин Українського науково-дослідного інституту тваринництва з 1949 по 1953 рр. Із його ім'ям пов'язано розроблення методу довготривалого зберігання сперми, удосконалення техніки та технології штучного осіменіння, розвиток основ біології розмноження сільськогосподарських тварин. Зроблене вченим відкриття невідомої раніше властивості спермиїв зберігати біологічну повноцінність і генетичну інформацію після заморожування й давати повноцінне потомство забезпечило швидке поліпшення існуючих і виведення багатьох спеціалізованих порід сільськогосподарських тварин [5, 6].

На основі розробок І. В. Смирнова, співробітниками лабораторії штучного осіменіння сільськогосподарських тварин С. І. Сердюком та А. А. Бєліковим, у 1972 році були проведені дослідження щодо зберігання сперми плідників у глибокозамороженому стані за температури -196 ºС. Згодом науковцями було проведено осіменіння 7 свиноматок розмороженою спермою, від одної з них було отримано перші 9 голів поросят. Тож, на той час науковці Науково-дослідного інституту тваринництва Лісостепу і Полісся УССР стали першими в країні, хто отримав такі показники, від заморожено-відтаяної сперми кнурів. Все це забезпечило найбільш інтенсивне використання плідників у селекційному процесі [7].

Друга половина XX століття ознаменувалася стрімким розвитком штучного осіменіння свиней. У цей період починається епоха індустріалізації свинарства. Широке впровадження отримала інтенсивна технологія виробництва свинини на високоспеціалізованих фермах і комплексах. Були створені нові породи свиней, збільшувалось їх поголів'я, цьому сприяло впровадження в практику штучного осіменіння. Використання цього методу у великих племінних господарствах країни забезпечило стрімкий розвиток галузі свинарства, що в свою чергу, викликало потребу у подальших наукових дослідженнях з цього питання [8, 9].

Період найбільшої творчої активності вчених лабораторії припав на початок 70-х рр. XX століття. Враховуючи важливість подальших галузевих досліджень у складі лабораторії біології розмноження та штучного осіменіння сільськогосподарських тварин (зав. лабораторії Ф. І. Осташко) було створено сектор з відтворення свиней, який очолив доктор ветеринарних наук С. І. Сердюк. Колектив сектору складався з 2 старших наукових співробітників А. А. Бєлікова і В. Й. Вишневського та молодших науковців М. Н. Ткачук і О. П. Зверєвої. З часом штат поповнювався, працювала аспірантура, опановувалися нові методики, розширювалася тематика досліджень, тож, як наслідок, у 1977 р. лабораторію було перетворено у відділ біології розмноження та штучного осіменіння сільськогосподарських тварин на чолі з доктором біологічних наук Ф. І. Осташком. До складу відділу увійшли вже дві лабораторії, однієї з них була лабораторія відтворення свиней.

Гідний внесок у загальнонародну справу інтенсифікації галузі вітчизняного свинарства, зроблено вченим С. І. Сердюком, який збагатив вітчизняну науку новими перспективними розробками [10]. Під його керівництвом розроблено оптичний стандарт для визначення концентрації сперми кнурів, який відповідає оптичній густині сперми з концентрацією 5 млн /см³ (1963) [11]. У 1965 р. С. І Сердюком і А. А. Бєліковим було розроблено глюкозо–цитратно-хелатон-жовткове удосконалене середовище (ГЦХЖ-У) для розбавлення і зберігання сперми кнурів при понижених температурах +6−10 ºС, яке увійшло до інструкції зі штучного осіменіння свиней (2003) [12]. Сергій Іванович зі співробітниками лабораторії розробив прилад ПОС-5 (1966), а потім і прилад ПОС-7 (1987) з новою конструкцією кінцевої частини катетера і ємкістю для сперми одноразового використання [13, 14]. Все це обладнання використовувалося для нефракційного способу осі-

меніння свиноматок. Колективом лабораторії було розроблено станок для отримання сперми від кнурів ССХМ (1980) та ССХМ-2 (1992), які з успіхом довгі роки експлутувались на свинокомплексах країни [15, 16]. У 1968 р. Ф. І. Осташко та С. І. Сердюком було розроблено конструкцію термоса ТС-3, який за своїми термоізоляційними та експлуатаційними властивостями був найкращим з термосів невакумного типу для зберігання та транспортування сперми кнурів [17].

Зі своїм учнем А. А. Бєликовим, професор С. І. Сердюк на при кінці 60 років розробив синтетичне середовище для розбавлення та збереження сперми кнурів при температурі +18−20 ºС глюкозо-хелато-цитратне (ГХЦ-У) [18]. Вченим за допомогою учнів та інженерів було сконструйовано термостат ТЕ-3 (1984) на базі побутового холодильника з вбудованим електронним блоком та термоконтакторами, за допомою яких встановлювалася необхідна температура для збереження сперми кнурів [19].

Необхідність подальшого вдосконалення та широкого впровадження методу штучного осіменіння у виробництво стало підставою для виконання наукової роботи Сергієм Івановичем Сердюком. Докторську дисертацію на тему „Основні питання теорії і практики штучного осіменіння свиней" він захистив у 1970 році [20]. За роки керівництва лабораторією відтворення свиней доктор ветеринарних наук, професор С. І. Сердюк випустив цілу плеяду кандидатів наук, створивши власну школу репродуктології у галузі свинарстві: А. А. Бєліков (1969), І. М. Величко (1970), М. М. Ткачук (1972), В. М. Трубаєв (1972), Ю. Г. Богомолов (1972), Т. М. Маковецький (1975), В. С. Іванов (1982), М. Ф. Дяченко (1982), О. І. Темір, (1989), Г. В. Школіна (1989), В. І. Тищенко (1993) [21−31]. Їх наукові розробки сприяли подальшому розвитку штучного осіменіння свиней.

Збереження генетичного матеріалу (сперми) висококласних виробників потребувало розроблення методики заморожування сперми у рідкому азоті. Тож у 1987 р. було розпочато дослідження з розробки методу тривалого зберігання сперми кнурів у глибоко замороженому стані (С. І. Сердюк, О. П. Зверева, А. А. Бєліков). Заморожування сперми здійснювалось за методом С. І. Сердюка, А. А. Бєлікова. Після 3 годин еквілібрації сперму заморожували на фторопластовій пластині з об'ємом гранул 0,2 см³ використовував режим заморожування зі швидкістю 1−2 °С /хв. з температури -7 ºС до – 58−60 ºС. Потім проводилось занурювання в рідкий азот до температури –196 ºС. Кріофілактиком при цьому був гліцерин 4 %. У дослідах з вивчення запліднюючої здатності замороженої сперми кнурів, запліднюваність становила: від 20 до 62,5 %, багатоплідність 7,9−9,1 голів життєвоздатного поросяти на опорос [32].

Ефективність свинарської галузі багато в чому визначається рівнем відтворення свинопоголів'я, яка у свою чергу, будується на інтенсивності використання кнурів і маток, а також від характеристики їх відтворювальних здатностей. Інтенсивність використання кнурів залежить від того, на скільки доз буде розділено кожен еякулят кнура. Так, А. А. Бєліковим, І. М. Мартинюк у 1992 році було продовжено досліди з раціонального дозування сперми кнурів. Вивчалася якість запліднености при введені свиноматкам 85 см³ сперми з утриманням їх у дозі 2,5–3 млрд. Запліднюваність при цьому становила 85,7 % і було одержано 9,6 голів поросяти на опорос [33]. На базі Інституту тваринництва УААН у 1992 році було створено банк сперми замороженої в гранулах. За допомогою вчених А. А. Бєлікова, О. Г. Наріжного частину цієї сперми було направлено та використано у Єлізаровському районі Камчатки, при цьому запліднювальна здатність свиноматок становила 74,6 % і було одержано 9,4 голів поросяти на опорос [34].

Треба згадати ім'я Анатолія Андрійовича Бєлікова, який перший серед уч-

нів С. І. Сердюка захистив дисертацію та отримав науковий ступень кандидата ветеринарних наук. Починаючи з 1964 року наукові пошуки А. А. Бєлікова присвячено проблемі відтворення свиней. Вагомий внесок зроблено вченим у розробку методології та організації штучного осіменіння свиней, ним впроваджено прогресивні способи відтворення у племінних господарствах України. Анатолій Андрійович приймав участь у розробці галузевих стандартів, Інструкції зі штучного осіменіння свиней (2003). Протягом багатьох років він був постійним членом судійської колегії Міністерства аграрної політики України на конкурсах професійної майстерності з відтворення та штучного осіменіння свиней.

Співпраця з вченими Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Василенко та кафедри генетики Харківського національного університету ім. Каразіна дала можливість досліджувати на практиці вплив низькоенергетичного лазерного випромінювання на репродуктивні функції свиней [35].

Протягом 45 років А. А. Бєліков працював у Науково дослідного інституту тваринництва Лісостепу і Полісся УРСР, 28 з яких він присвятив науковій роботі у відділі біології розмноження сільськогосподарських тварин (нині відділ біотехнології розмноження сільськогосподарських тварин), згодом ставши провідним науковим співробітником лабораторії виробництва свинини, працював на цій посаді до 2009 року. Анатолій Андрійович збагатив науку новими винаходами і відкриттями, забезпечив ефективне впровадження новацій на підприємствах.

Суттєвий доробок у справі інтенсифікації галузі репродуктології свиней внесла кандидат сільськогосподарських наук Т. А. Стрижак. Напрямок її досліджень було спрямовано на дослідження спермопродуктивності і відтворювальної якості кнурів різних генотипів. Вченою проведена оцінка відтворювальних якостей кнурів і свиноматок породи ландрас різної селекції за декількома послідовними поколіннями. Встановлені переваги кращих зарубіжних генотипів свиней над вітчизняними аналогами за показниками м'ясності, інтенсивності росту, відтворювальної здатності маток при деяких проблемах з акліматизацією, стресчутливістю та слабкістю конституції.

Останні роки (2018−2022) питаннями відтворення свиней у Інституті тваринництва НААН займаються кандидати сільськогосподарських наук І. М. Мартинюк та Т. А. Стрижак. Вони вивчають вплив абіотичних факторів на біологічні характеристики статевих клітин кнурів; стимулюючий ефект феромону у різні пори року на статеву функцію свиноматок, рівень заплідненості та багатоплідності свиноматок залежно від кратності осіменіння у різні пори року, вплив вітаміногормональних схем стимуляції ремонтних свинок на їх репродуктивну функцію [36, 37]. Всі ці дослідження спрямовано на підвищення ефективності методу штучного осіменіння свиней в Україні.

Висновок. Досліджуваний період наукового пошуку лабораторії відтворення свиней охарактеризувався якісними змінами, що сприяли успішному розвитку методу штучного осіменіння.

У результаті цілеспрямованої, напруженої багаторічної роботи колективом науковців лабораторії, створено комплексну систему тривалого зберігання генетичного матеріалу свиней, поліпшення їх відтворювальної здатності, прийняти конструктивні рішення при розробці нового обладнання, апаратури та різноманітних приладів для відтворення тварин і в остаточному результаті зроблено суттєвий внесок у впровадження штучного осіменіння свиней у виробництво.

Бібліографічний список

1. Заярко О. І. Біотехнологія відтворення : метод. вказівки для студентів заочного відділення біотехнологічного факультету ДДАУ. Дніпропетровськ, 2004 р. 36 с.

2. Кунець В. В. Відділ біотехнології репродукції сільськогосподарських тварин : історії, вчені, досягнення (історичний нарис). Харків, 2013. С. 69–70.

3. Сердюк С. И. Искусственное осеменение свиней. Москва: Колос, 1970. С. 82–83.

4. Сердюк С. И. Искусственное осеменение в промышленном свиноводстве. Москва: Колос, 1977. С. 3–58.

5. Рішко М. М. Наукова діяльність професора І. В. Смирнова як предмет історичного дослідження. Гілея : зб. наук. пр. Київ: ПП „Вид-во Гілея", 2014. Вип. 85(6). С. 73−75.

6. Кузнєцов Г. М. Історична та сучасна значимість наукових заслуг І. В. Смирнова. Науковий вісник Національний університет біоресурсів і природокористування. Київ, 2011. Вип. 160. Ч.1. С. 20−27.

7. Сердюк С. И., Беликов А. А. Исследования по замораживанию спермы хряков. Теория и практика воспроизводства сельскохозяйственыіх животных : тез. докл. к науч.-произв. конф. по теории и практике воспроизводства с.-х. животных (дек. 1972 г.) / ВАСХНИЛ ЮО, НИИ животноводства Лесостепи и Полесья УССР. Харьков, 1972. С. 81–83.

8. Даниленко И. А, Гроха Г. Д., Дрыга А. П, Беликов А. А. Технология производства свинины в специализированном колхозе „Октябрь" Волчанского района Харьковской области : метод. рек. / Науч.-исслед. ин-т животноводства Лесостепи и Полесья УССР. Харьков, 1972. 66 с.

9. Бородинов П. А., Сердюк С.И., Беликов А. А. Наш опыт. Свиноводство. 1974. № 10. Москва: Агропромиздат, С. 17–18.

10. Мартинюк І. М., Сушко О. Б., Бєліков А. А. Науково-консультативна діяльність видатного вченого в галузі відтворення свиней С. І. Сердюка (1926-1990) (до 95-річчя від дня народження). Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН. Харків, 2021. № 156. С. 13−17.

11. Сердюк С. И. Искусственное осеменение сельскохозяйственных животных (обобщение перед. опыта) / Научн.- исслед. ин-т. животноводства Лесостепи и Полесья УССР. Харьков : Книж. изд., 1963. С. 91−99.

12. Мельник Ю. Ф., Микитюк Д. М., Литовченко А. М. Інструкція із штучного осіменіння свиней. Київ: Аграрна наука, 2003. 54 с.

13. Сердюк С. І., Бєліков А. А. Прилад для штучного осіменіння свиней. Вісник сільськогосподарської науки. 1966. № 3. С. 77.

14. Беликов А. А., Сердюк С. И. Станок ССХМ-2 и прибор ПОС-7 для искусственного осеменения свиней : [информ. лист*]* / Произв.-науч. об-ние по племделу в жив-ве. Киев, 1991. 2 с.

15. Сердюк С. И., Беликов А. А., Дьяченко Н. Ф. Универсальное чучело для взятия спермы от хряков (внедрено в опытном хоз-ве „Украинка", 1980 г.) : информ. листок № 207-81. / ХЦНТИ. Харьков, 1981. 4 с.

16. Бєліков А. А. Станок ССХМ-2 для штучного осіменіння свиней. Основні наукові розробки інституту для впровадження у виробництво / УААН, Ін-т тваринництва. Харьков, 1992. С. 46–47.

17. Сердюк С. И. Искусственное осеменение свиней. Харків: Из-во „Прапор", 1968. − 93 с.

18. Сердюк С. І, Беликов А. А. Инструкция по искусственному осеменению свиней. Москва: Колос, 1976. 76 с.

19. Сердюк С., Беликов А., Капрельянц, Н, Позняковский И, Соскин И. Термостат для хранения спермы хряков. Свиноводство. 1984. № 10. Москва: Агропромиздат С. 31.

20. Сердюк С. И. Основные вопросы теории и практики искусственного осеменения свиней : автореф. дис. … док. вет. наук : спец. 16.807. Харьков, 1970. 34 с.

21. Беликов А. А. Совершенствование метода хранения спермы хряков и техники искусственного осеменения : автореф. дис. … канд. вет. наук : 16.807. Ростов, 1969. 22 с.

22. Величко И. М. Совершенствование способов хранения качества спермы производителей при ее консервировании : дис. … канд. вет. наук : 16.807. Харьков, 1970. 141 с.

23. Ткачук М. Н. Изучение оплодотворяемости свиней при искусственном осеменении разными дозами спермы : автореф. дис. … канд. биол. наук : 102. Харьков, 1972. 18 с.

24. Трубаев В. М. Организация воспроизводства свиней методом искусственного осеменения в крупных промышленных свиноводческих хазяйствах: автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.02.04. Харьков, 1972. 24 с.

25. Богомолов Ю. Т Совершенствование организации искусственного осеменения свиней транспортированной спермой : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.02.04. Харьков, 1974. 34 с.

26. Маковецкий Т. В. Изучение избирательности оплодотворения у свиней при искусственном осеменении смешанной спермой. : автореф. дис. … канд. биолог. наук : спец. 03.00.13. Харьков, 1975. 28 с.

27. Иванов В. С. Совершенствование способа асептического взятия и обработки спермы хрякав : автореф. дис. … канд. вет. наук : 16.00.07. Воронеж, 1982. 24 с.

28. Дяченко Н. Ф. Совершенствование технологии искусственного осеменения свиноматок в крупных промышленных свиноводческих комплексах : автореф. дис. … канд. вет. наук : 16.00.07. Воронеж, 1982. 26 с.

29. Темир О. И. Стимуляция репродуктивных функций свиноматок и повышение эффективности искусственного осеменения в промышленном свиноводстве : автореф. дис. … канд. вет. наук : 16.00.07. Воронеж, 1989. 21 с.

30. Школина Г. В. Физиологическое обоснование оптимальних сроков и кратности искусственного осеменения свиней автореф. дис. … канд. биолог. наук : 03.0013. Харьков, 1989. 24 с.

31. Тищенко В. І. Підвищення ефективності використання кнурів-плідників в промислових свинокомплексах : автор. дис. … канд. с.-г. наук : 06.02.04. Харків, 1993. 21 с.

32. Сердюк С. И. , Зверева А. П., Беликов А. А. Замораживание и длительное хранение спермы хряков. Состояние и перспективы развития биотехнологии в животноводстве : тезисы докл. респ. науч. конф. / ВАСХНИЛ ЮО, НИИ животноводства Лесостепи и Полесья УССР. Харьков, 1988. С. 39.

33. Бєліков А. А. Раціональне дозування сперми кнурів-плідників. Основні наукові розробки інституту для впровадження у виробництво / УААН, Ін-т тваринництва. Харків, 1992. С. 46.

34. Беликов А. А. Методика глубокого замораживания и длительного хранения спермы хряков-производителей. Новое в методах зоотехнических исследований / Ин-т животноводства УААН. Харьков, 1992. Ч. 1. С. 197–199.

35. Беликов А. А., Лисиченко Н. Т., Столяров А. В. Повышение эффективности искусственного осеменения свиноматок на основе лазерной обработки спермы хряков. Квантовая терапия в ветеринарии : сб. тр. Москва, 2003. С.190−193.

36. Мартинюк І. М., Стрижак Т. А., Сахатский Г. І. Виживаність сперми кнурів за використання у розбавниках дистильованої води різного виробництва / Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН. Харків, 2020. № 124. С. 115−123.

37. Мартинюк І. М., Стрижак Т. А. Стимулюючий ефект феромону у різні пори року на статеву функцію свиноматок. Матеріали 1 Українсько-польського форуму „Агроперспективи" (м. Львів, 29–30 вересня 2021 р.) / Інс-т біології тварин НААН., Львів, 2021. С. 75.

References

1. Zayarko, O. P. (2004). *Biotekhnolohiya vidtvorennya. Metodychni vkazivky dlya studentiv zaochnoho viddilennya biotekhnolohichnoho fakul'tetu Dnipropetrovs'kyy Derzhavnyy Ahrarnyy Universytet* [Biotechnology of reproduction. Methodical guidelines for students of the correspondence department of the biotechnological faculty Dnipropetrovsk State Agrarian University]. Dnipropetrovs′k, 36 [in Ukrainian].

2. Kunets, V. V. (2013). *Viddil biotekhnolohii reproduktsii silskohospodarskykh tvaryn: istoria, vcheni, dosiahnennia* [Department of Biotechnology of Reproduction of Farm Animals: History,Scientists, Achievements]. Kharkiv, 69−70 [in Ukrainian].

3. Serdyuk, S. I. (1970). *Iskusstvennoye osemeneniye sviney* [Artificial insemination of pigs]. Moscow : Kolos, 82 – 83 [in Russian].

4. Serdyuk, S. I. (1977). *Iskusstvennoye osemeneniye v promyshlennom svinovodstve* [Artificial Insemination in Industrial Pig Production]. Moscow : Kolos, 3 – 58 [in Russian].

5. Rishko, M. M. (2014). Naukova diyalnist profesora I. V. Smyrnova yak predmet istorychnoho doslidzhennya. [Scientific activity of Professor IV Smirnov as a subject of historical research]. *Giley,* 85. Kyiv. : PP „Giley Publishing House", 73−75 [in Ukrainian].

6. Kuznyetsov, H. M. (2011). Istorychna ta suchasna znachymist naukovykh zasluh I. V. Smyrnova. [Historical and modern significance of I.V. Smirnov's scientific merits]. *Naukovyy visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya. − Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences*. 160, part 1. Kyiv, 20−27 [in Ukrainian].

7. Serdyuk, S. I., & Belikov, A. A. (1972). Issledovaniya po zamorazhivaniyu spermy khryakov. [Studies on the freezing of boar semen]. *Teoriya i praktika vosproizvodstva selskokhozyaystvennykh zhivotnykh : tezisy dokladov k nauchno-proizvodstvennoy konferentsii po teorii i praktike vosproizvodstva selskokhozyaystvennykh zhivotnykh (dek. 1972 g.)* − Theory and practice of reproduction of page - animals: abstract. report to scientific production. conf. on the theory and practice of reproduction of page - animals (dec. 1972 year)., Research Institute zhivotnovodstva Lesostepi i Poles'ya USSR., Kharkiv, 39 [in Ukrainian].

8. Danilenko, I. A, Grokha, G. D., Dryga, A. P, & Belikov, A. A. (1972). *Tekhnologiya proizvodstva svininy v spetsializirovannom kolkhoze „Oktyabr" Volchanskogo rayona Khar'kovskoy oblasti*: metod. rek. [Technology of pork production in the specialized collective farm „Oktyabr" in the Volchansky district of the

Kharkov region: method. rec.]. Nauchno-issledovatel'skiy institut zhivotnovodstva Lesostepi i Poles'ya USSR − Research Institute of Animal Science of the Forest-Steppe and Polissya of the Ukrainian SSR. Kharkov, 66 [in Ukrainian].

9. Borodinov, P. A., Serdyuk, S.I., & Belikov, A. A. (1974). Nash opyt. [Our experience]. *Svinovodstvo.* 10, 17−18 [in Russian].

10. Martynyuk, I. M., Sushko, O. B., & Belikov, A. A. (2021). Naukovo-konsultatyvna diyalnist vydatnoho vchenoho v haluzi vidtvorennya svyney S. I. Serdyuka (1926-1990) (do 95-richchya vid dnya narodzhennya). [Scientific-advisory activity of the outstanding scientist in the field of pig reproduction S.I. Serdyuk (1926-1990) (to the 95th anniversary of his birth)]. *Naukovo-tekhnichnyy byuleten instytutu tvarynnytstva NAAN − Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine.* Kharkiv, № 125, 13−17 [in Ukrainian].

11. Serdyuk, S. I. (1963). *Iskusstvennoye osemeneniye sel'skokhozyay-stvennykh zhivotnykh (obobshcheniye pered. opyta)* [Artificial insemination of farm animals (generalization of prior experience)]. Scientific research Institute of Animal Science of the Forest-Steppe and Polesye of the Ukrainian SSR. Knizhnoye izdatel'stvo. Kharkov, 91−99 [in Ukrainian].

12. Melnyk, Y. F., Mykytyuk, D. M., & Lytovchenko, A. M. (2003). *Instruktsiya iz shtuchnoho osimeninnya svyney* [Instructions for artificial insemination of pigs]. Ahrarna nauka − Agricultural science, Kyiv, 54 [in Ukrainian].

13. Serdyuk, S. I., & Belikov, A. A. (1966). Prylad dlya shtuchnoho osimeninnya svyney. [Device for artificial insemination of pigs]. *Visnyk sil'skohospodarskoy nauky*. 3, 77 [in Ukrainian].

14. Belikov, A. A, & Serdyuk, S. I. (1991). *Stanok SSKHM-2 i pribor POS-7 dlya iskusstvennogo osemeneniya sviney* [SSHM-2 machine and POS-7 device for artificial insemination of pigs]. [listovka]. Proizvodstvenno-nauchnoye ob'yedineniye po plemennomu delu v zhivotnovodstve [Production and scientific association for breeding in animal husbandry]. Kyiv [in Ukrainian].

15. Serdyuk, S. I., Belikov, A. A., & Dyachenko, N. F. (1981). *Universal'noye chuchelo dlya vzyatiya spermy ot khryakov (vnedreno v opytnom khozyaystve „Ukrainka", 1980 g.)* [Universal stuffed animal for taking semen from boars (introduced in the pilot farm „Ukrainka", 1980)]. inform. listok − inform. Leafle., Kharkiv, № 207, 4 [in Ukrainian].

16. Belikov, A. A. (1992). *Stanok SSKHM-2 dlya shtuchnoho osimeninnya svyney. Osnovni naukovi rozrobky instytutu dlya vprovadzhennya u vyrobnytstvo* [The SSHM-2 machine for artificial insemination of pigs. The main scientific developments of the institute for implementation in production], Instytutu tvarynnytstva – Ukrayins′koyi Akademiyi Ahrarnykh Nauk – Institute of Animal Science Ukrainian Academy of Agrarian Sciences. Kharkov, 46−47 [in Ukrainian].

17. Serdyuk, S. I. (1968). *Iskusstvennoye osemeneniye sviney* [Artificial insemination of pigs]. Izdatel'stvo „Prapor" − „Prapor" publishing house. Kharkov, 93 [in Ukrainian].

18. Serdyuk, S. I., & Belikov, A. A. (1976). *Instruktsiya po iskusstvennomu osemeneniyu sviney* [Instructions for artificial insemination of pigs]. Moscow : Kolos, 76 [in Russian].

19. Serdyuk, S., Belikov, A., Kaprel'yants, N, Poznyakovskiy, I, Soskin, I. (1984). Termostat dlya khraneniya spermy khryakov [Boar semen thermostat]. *Svinovodstvo − Pig breeding*, № 10, 31 [in Russian].

20. Serdyuk, S. I. (1970). *Osnovnyye voprosy teorii i praktiki iskusstvennogo osemeneniya sviney* [The main questions of the theory and practice of artificial insemination of pigs]. (Doctor's thesis). Kharkov [in Ukrainian].

21. Belikov, A. A. (1969). *Sovershenstvovaniye metoda khraneniya spermy khryakov i tekhniki iskusstvennogo osemeneniya* [Improving the method of storing boar semen and artificial insemination techniques]. (Candidates thesis.). Rostov [in Russian.].

22. Velichko, I. M. (1970). *Sovershenstvovaniye sposobov khraneniya kachestva spermy proizvoditeley pri yeye konservirovanii* [Improving the ways of storing the quality of sperm producers during its conservation]. (Candidate's thesis). Kharkov [in Ukrainian].

23. Tkachuk, M. N. (1972). *Izucheniye oplodotvoryayemosti sviney pri iskusstvennom osemenenii raznymi dozami spermy* [Study of fertility of pigs with artificial insemination with different doses of sperm]. (Candidates thesis). Kharkov [in Ukrainian].

24. Trubayev, V. M. (1972). *Organizatsiya vosproizvodstva sviney metodom iskusstvennogo osemeneniya v krupnykh promyshlennykh svinovodcheskikh khazyaystvakh* [Organization of pig reproduction by artificial insemination in large industrial pig breeding farms]. (Candidates thesis). Kharkov [in Ukrainian].

25. Bogomolov, Y. T. (1974). *Sovershenstvovaniye organizatsii iskusstvennogo osemeneniya sviney transportirovannoy spermoy* [Improving the organization of artificial insemination of pigs with transported semen]. (Candidates thesis). Kharkov [in Ukrainian].

26. Makovetskiy, T. V. (1975). *Izucheniye izbiratel'nosti oplodotvoreniya u sviney pri iskusstvennom osemenenii smeshannoy spermoy* [Study of the selectivity of fertilization in pigs with artificial insemination with mixed sperm]. (Candidates thesis). Kharkov [in Ukrainian].

27. Ivanov, V. S. (1982). *Sovershenstvovaniye sposoba asepticheskogo vzyatiya i obrabotki spermy khryakav* [Improving the method of aseptic collection and processing of boar semen]. (Candidates thesis). Voronezh [in Russian].

28. Dyachenko, N. F. (1982). *Sovershenstvovaniye tekhnologii iskusstvennogo osemeneniya svinomatok v krupnykh promyshlennykh svinovodcheskikh kompleksakh* [Improvement of the technology of artificial insemination of sows in large industrial pig breeding complexes]. (Candidates thesis). Voronezh [in Russian].

29 Temir, O. I. (1989). *Stimulyatsiya reproduktivnykh funktsiy svinomatok i povysheniye effektivnosti iskusstvennogo osemeneniya v promyshlennom svinovodstve* [Stimulating the reproductive functions of sows and increasing the efficiency of artificial insemination in industrial pig breeding]. (Candidates thesis). Voronezh [in Russian].

30. Shkolina, G. V. (1989). *Fiziologicheskoye obosnovaniye optimal'nikh srokov i kratnosti iskusstvennogo osemeneniya sviney* [Physiological substantiation of the optimal timing and frequency of artificial insemination of pigs]. (Candidates thesis). Kharkov [in Ukrainian].

31. Tyshchenko, V. I. (1993). *Pidvyshchennya efektyvnosti vykorystannya knuriv-plidnykiv v promyslovykh svynokompleksakh* [Improving the efficiency of the use of breeding boars in industrial pig farms]. (Candidates thesis). Kharkov [in Ukrainian].

32. Serdyuk, S. I., Zvereva, A. P., Belikov, A. A. (1988). *Zamorazhivaniye i dlitel'noye khraneniye spermy khryakov* [Freezing and long-term storage of boar semen]. „Sostoyaniye i perspektivy razvitiya biotekhnologii v zhivotnovodstve" respublikanskaya nauchnaya konferentsiya −„State and prospects of development of

biotechnology in animal Science" : republican Scientific Conference „State and prospects of development of biotechnology in animal husbandry. Kharkov, 39 [in Ukrainian].

33. Belikov, A. A. (1992). *Ratsionalne dozuvannya spermy knuriv-plidnykiv. Osnovni naukovi rozrobky instytutu dlya vprovadzhennya u vyrobnytstvo* [Rational dosing of sperm of breeding boars. The main scientific developments of the institute for implementation in production]. Institut zhivotnovodstva UAAN, P. 1 − Institute of Animal Science UAAN, P. 1, Kharkiv, 197 [in Ukrainian].

34. Belikov, A. A. (1992). Metodika glubokogo zamorazhivaniya i dlitel'nogo khraneniya spermy khryakov-proizvoditeley [Method of deep freezing and prolonged storage of boar-producing sperm]. *Novoye v metodakh zootekhnicheskikh issledovaniy* – New in methods of zootechnical studie / UAAN, Institut zhivotnovodstva. Kharkiv, 1, 197 – 199 [in Ukrainian].

35. Belikov, A. A., Lisichenko, N. T., & Stolyarov, A. V. (2003). Povysheniye effektivnosti iskusstvennogo osemeneniya svinomatok na osnove lazernoy obrabotki spermy khryakov [Improving the efficiency of artificial insemination of sows based on laser processing of boar semen]. *Kvantovaya terapiya v veterinarii: Sbornik trudov − Quantum Therapy in Veterinary Medicine: Proceedings*. Moscow, 190 – 193 [in Russian].

36 Martynyuk, I. M., Stryzhak, T. A., & Sakhatskyy, H. I. (2020). Vyzhyvanist spermy knuriv za vykorystannya u rozbavnykakh dystylovanoyi vody riznoho vyrobnytstva [Survival boar semen for use in distilled water diluents of various productions]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva* NAAN – Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine. Kharkiv, № 124, 115 – 123 [in Ukrainian].

37. Martynyuk, I. M., & Stryzhak, T. A. (2021). Stymulyuyuchyy efekt feromonu u rizni pory roku na statevu funktsiyu svynomatok [Stimulating effect of pheromone at different times of the year on sexual function of sows]. *materialy 1 Ukrayinsko-polskoho forumu „Ahroperspektyvy"*– materials of the 1 Ukrainian-Polish Forum „Agroperspectives". Instytut biolohiyi tvaryn NAAN − Institute of Animal Biology NAAS. Lviv, 75 [in Ukrainian].

THE WORK OF RESEARCHS AT THE DEPARTMENT OF ANIMAL REPRODUCTION BIOTECHNOLOGY OF THE NAAN INSTITUTE OF ANIMAL BREEDING IN DEVELOPING THE SPHERE OF PIG REVIVAL

Martyniuk I. M. Institute of Animal Science NAAS

The scientific contribution of Researchs of the laboratory of artificial fecundation of farm animals of the Institute of Animal Sciences NAAS (now the Department of reproduction biotechnology of farm animals) in the development of artificial fecundation was analyzed as a method of large-scale breeding in the national livestock breeding.

The work of Researchs on the development of industry fundamental and applied research on the study of the physiology of pig reproduction was presented. The development of the Laboratory of Boar Reproduction has been examined from the moment of its existence up to the present time.

The scientific research of the laboratory Researchs during the postwar years were covered aiming at the integration of the method of artificial fecundation into the farms of the country. Research T.M. Kozenko suggested glucose-citrate-yolk medium for dilution and storage of boar semen (1950). The treasury of his inventions were included

wooden stuffed pigs, an artificial vagina for obtaining semen from boars, a glass device for sow fecundation, etc.

The contribution of Professor I. V. Smirnov to the development of biotechnological science has been evaluated. His name related to the development of the method of long-term semen storage, improvement of techniques and technology of artificial fecundation, the development of the bases of reproductive biology of farm animals. The researches made by the Research were the catalyst for developing the methods of freezing and long-term storage of sperm of begetters by the Researchs of the Laboratory of Biology of Reproduction and Artificial Fecundation of Farm Animals Serdyuk S. I. and Belikov A. A. (1972).

The priority developments of the employees of the Laboratory of Boar Reproduction headed by Prof. S. I. Serdiuk, Doctor of Veterinary Sciences, were outlined. They carried out complex researches concerning reproduction and artificial fecundation of pigs, namely quality estimation of boar semen using optical standard, deep freezing of boar semen in liquid nitrogen at -196°C. There were developed and integrated into practice devices for artificial fecundation of pigs POS-5, system of artificial fecundation of pigs on large specialized complexes.

The Researchs of the laboratory have enriched the national science with new progressive developments, introduced progressive methods of reproduction in breeding farms of Ukraine.

Keywords: scientific contribution, artificial fecundation, pig breeding, reproduction.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-130-140
УДК 636.2.034

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ І НОРМАТИВІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ СТВОРЕННІ ПІДПРИЄМСТВ МАЛОЇ ВИРОБНИЧОЇ ПОТУЖНОСТІ

Марченко В. А., к. ек. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0002-9739-4987
Трішин О. К., д. с.-г. н., академік НААН,
https://orcid.org/0000-0002-3906-6547
Чигринов Є. І., д. с.-г. н., професор, https://orcid.org/0000-0001-7707-8269
Дроздов С. Є., к. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0003-1255-1937
Петраш В. С., к. с.-г. н., пров. н. с., https://orcid.org/0000-0001-9114-6117
Адміна Н. Г., к. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0001-5224-2640
Ткачов А. В., м. н. с., https://orcid.org/0000-0002-6325-4724
Пономарьова В. В., асп., https://orcid.org/0000-0003-2835-4938
Інститут тваринництва НААН

Наведено результати моніторингу і аналізу виробничо–організаційних показників понад 50 господарств з визначенням головних елементів, якими вони характеризуються. Висвітлені основні принципи формування системи параметрів технології, напрями мінімізації визначальних умов, які негативно впливають на процес виробництва. Обґрунтовано, що укрупнення підприємств до розміру ферм на 50-100 корів суттєво підвищує технологічний рівень виробництва та зберігання молока. Визначені параметри технологічних та технічних рішень підприємств

типорозміру за чисельності корів від 50 до 120 голів. Установлені межі обмежень параметрів, проведено оцінку і моделювання енергоефективності виробництва на прикладі мінімального типорозміру (50 корів з річною продуктивністю від 7000 кг до 9000 кг молока на голову).Обчислена структура енерговмісту продукції за видами - молоко, жива маса вибракуваних тварин, приріст тварин, що вирощуються, отриманого приплоду. Ураховані енерговміст екскрементів і підстилки. Розраховано, що найбільша частка в структурі енерговмісту продукції, придатної для харчування належить енерговмісту виробленого молока – 85,7-88,6 %., і оскільки воно є найбільш впливовим чинником на коефіцієнти енергетичної ефективності основної і загальної продукції визначені функціональні залежності енерговмісту продукції від жиру в молоці та взаємозв'язок коефіцієнтів енерговмісту продукції і жиру молока. Розраховано вплив зміни якісних (вгодованість вибракуваної худоби і тварин, від яких отримують приріст) показників інших видів продукції на енерговитрати виробництва.

Установлені функціональні залежності дають змогу формувати ключові елементи взаємозв'язків системи виробництва продукції скотарства з урахуванням особливостей конкретної системи параметрів, визначати енергоефективність технологічних процесів і ефективно впливати на використання усіх видів ресурсів.

Ключові слова: **енерговитрати, ефективність, параметри технології, продуктивність, технологічні процеси.**

Розвиток галузі тваринництва полягає у створенні раціональної структури господарювання. В умовах сьогодення це є складним завданням, актуальним у будь який час, оскільки існуючі дрібні господарства здебільшого не відповідають вимогам ринкового середовища – є низько конкурентними як за якістю продукції, так і за технологічними процесами при її виробництві. Водночас все сильніше на виробничі процеси впливає тиск кліматичних змін оточуючого середовища, що не може не впливати на енергоефективність виробництва продукції [1-3].

Попередні дослідження технологій виробництва молока для малих (з поголів'ям 20 і 50 корів) дозволили розробити організаційно-виробничі параметри таких підприємств за умов фіксовано високої (8000 кг молока на корову в рік) продуктивності [3, 4]. До цього окремо були визначені нормативи витрат і встановлені закономірності їх змін за умов різної продуктивності корів (від 4000 до 9000 кг молока на рік) [4, 5]. Проте, в умовах фактичних змін кліматичного впливу і соціальних умов на селі ефективність технологічних рішень є неоптимальною з точки зору енергоефективності виробництва і особливо з урахуванням якості сировини або готової продукції.

Таким чином, в умовах змін клімату в межах заданих параметрів, неможливо без знання і урахування фундаментальних основ закономірності формування енергоефективності технологічних процесів виробництва створити у кожному конкретному випадку енергоефективну, обґрунтовану з наукової точки зору, інноваційно привабливу технологію виробництва продукції необхідної якості [3, 6, 7].

Проведені дослідження спрямовані на встановлення закономірності формування енергоефективності технологічних процесів виробництва якісної продукції тваринництва в умовах змін клімату. Вони сприятимуть економії ресурсів (у тому числі матеріальних, трудових) і, як результат, покращенню стану навколишнього середовища. Енергоефективні технологічні процеси будуть стимулюва-

ти підвищення прибутковості галузі тваринництва в цілому, що стане передумовою для залучення інвесторів і створення нових робочих місць.

На цьому фоні стає можливим відродження вітчизняного молочного скотарства, його сталий розвиток з урахуванням кліматичних змін і за умов забезпечення високої якості продукції галузі.

Напрями подальшого удосконалення або принципи побудови окремих, найбільш вагомих технологічних процесів у скотарстві при виробництві молока визначаються при їх моделюванні та маржинальному аналізі економії витрат ресурсів за їх видами (людські, матеріальні, земельні) відповідно в умовах впливу навколишнього середовища, з урахуванням залежності змін якості продукції за умов найбільш раціонального використання енергоресурсів [8-10].

Мета досліджень – з'ясувати особливості формування системи параметрів і нормативів технологічних та технічних рішень при створенні підприємств з виробництва молока малої виробничої потужності.

Матеріали та методи досліджень. Для досягнення мети роботи за різними методами (економіко-статистичний, економіко-математичний, експедиційних обстежень, моделювання та ін.) з використанням методики біоенергетичної оцінки технологій виробництва продукції [8-10], а також офіційної звітності проведено моніторинг, аналіз та вивчення складових виробничого процесу в умовах прив'язного і безприв'язного способів утримання великої рогатої худоби.

Інспекційне обстеження сільгоспвиробників молока (ТОВ агрофірма «Добробут», «Волочиськ-Агро», «Мусіївське», «Полтава-Зернопродукт», АФ ім. «Довженка» та аналіз інформації по ДП ДГ мережі НААН Харківської, Полтавської та інших областей України дозволили о обґрунтувати особливості формування системи параметрів і нормативів технологічних та технічних рішень при створенні підприємств з виробництва молока малої виробничої потужності [5, 9, 11].

Результати досліджень. Проведений моніторинг і аналіз виробничо–організаційних показників понад 50 господарств (з них дрібні до 100 корів близько 20 підприємств) визначив головні елементи, якими вони характеризуються. Серед основних - це корми за видами, засоби виробництва для обслуговування тварин (приміщення для утримання худоби, техніка та обладнання, зернодробарки, коренерізки, тачки, бідони для молока, інвентар тощо). Із загальної кількості господарств, ті які мають техніку займають 12,2 %. Установлено, що в середньому на одне таке господарство відповідно припадає 0,12 одиниці техніки, у тому числі 0,18 тракторів, 0,04 вантажні автомобілі, 0,02 зернозбиральні комбайни, 0,48 плуги, 0,12 культиватори, 0,11 сівалки.

Із 63 % господарств від їх загальної кількості, що мають приміщення чи споруди для утримання худоби у 34,1 % є спеціальні споруди для зберігання кормів, для зберігання урожаю – 71,6 %, комплексного використання – 45,8 %.

Дослідження трудових ресурсів та статево-вікового складу працівників показали, що середній вік фахівців людей, які очолюють господарства знаходиться у межах від 55 до 63 років. При цьому працездатні робітники (від 16 до 60 років) складають серед чоловіків 53,4 %, серед жінок – 46,6 %, а молодь до 16 років, як потенційний трудовий ресурс – лише 15,8 % у рівному співвідношенні за статтю від загальної чисельності осіб. Працездатний потенціал робітників старших за 60 років становить 30,4 %, при співвідношенні між чоловіками і жінками як – 31,8 % і 68,2 % відповідно. Відсоток від загальної чисельності господарств, які користуються послугами найманих працівників становить 17,6 %. З них, у тому числі ко-

ристуються послугами працівників постійно – 5,0 %, для сезонних робіт – 56,2 %, разових – 38,8 %.

Моніторинг здійснення окремих заходів з ефективного ведення виробництва тваринницької продукції свідчить про таке - у рослинництві тільки 23,5 % господарств використовують районовані сорти сільськогосподарських культур, 54,1 % - мінеральні добрива, 84,7 % - органічні добрива, 85,8 % засоби захисту рослин, 48,6 % - сівозміну, і 6,2 % іригацію земель. У тваринництві використовують племінних плідників – 16,1 %, штучне запліднення – 19,8 %, ветеринарні перевірки – 52,7 %, санітарну обробку тваринницьких приміщень – 54,3 % і санітарний контроль якості молока – 28,2 %.

Вивчення матеріалів світової практики показало, що потужність молочних ферм та технологій виробництва молока, які на них застосовуються, визначаються відповідно як розміром наявних земельних угідь, так і соціально-економічними умовами і особливостями країни. В реаліях України обґрунтування системи параметрів технологічних та технічних рішень (їх обмежень і цільової функції з метою подальшого моделювання енергоефективності виробництва молока і дотримання регламентованої якості) базується на принципах мінімізації визначальних умов, які негативно впливають на процес виробництва. З урахуванням цього в результаті до них були віднесені:

- проблеми відтворення з використанням племінної худоби, забезпечення кормами, недоліки кормовиробництва (недостатнє використання сортового насіннєвого матеріалу, добрив, отрутохімікатів та ін.);
- нестача сільськогосподарської техніки, обладнання, приміщень і споруд;
- відсутність сервісу по ремонту техніки і обладнання;
- труднощі ведення виробництва в разі хвороби і тимчасової непрацездатності працівників господарства, їх відсутність у господарстві в період відпустки тощо;
- проблеми логістичного характеру (недостатні потужності для зберігання, первинної переробки і реалізації продукції), що призводить до зниження її якості та, як наслідок, реалізації за нижчими цінами;
- труднощі маркетингового плану за відсутності таких структур у невеликих виробників - збуту виробленої продукції (дефіцит інформації про ринкову кон'юнктуру та про потенційних партнерів, неможливість впливу на ціни через малі партії продукції, що реалізується та ін.) і, як результат нестабільність і низький рівень прибутків від продажу лишків сільськогосподарської продукції;
- недоліки системи надання агрономічних, ветеринарних і зоотехнічних послуг з ефективної організації виробництва у самих малих підприємствах на фоні нерозвиненої системи кооперації, особливо коли окремі ланки виробництва розташовані на значній відстані однае від одноїго.

Таким чином, укрупнення підприємств до розміру ферм на 50-100 корів суттєво підвищує технологічний рівень виробництва та зберігання молока. Це дозволяє ритмічно формувати для реалізації привабливі для переробних підприємств обсяги продукції відповідної якості за яку можливо отримати справедливу ціну.

У відповідності до мети і завдань щодо її досягнення були встановлені наступні обґрунтовані обмеження вихідних параметрів виробництва та технологічного процесу:

- рівномірне виробництво товарної продукції – молоко, приріст, вибракувана худоба. Чисельність корів – від 50 до 120 голів;. -Річна продуктивність корів 7000-9000 кг молока на голову, жир молока 3,8-4,2 %.; -Структура стада - корови

– 47,8-44,0 %; нетелі – 7,9-7,1 %; телиці старше року – 14,4-15,5 %; телиці до року – 27,5-29,7 %; бугайці до року – 2,4-3,7 %.;

-Бракування і заміна основного стада за рахунок власного вирощування ремонтних телиць на рівні 20-25 %.; - Спосіб утримання худоби – безприв'язний, з використанням солом'яної підстилки;. -Вирощування та відгодівля бугайців у господарстві не передбачається (реалізація телят в молочний період у віці 1-2 місяці);. -Вік першого осіменіння телиць живою масою 1 голови 380-400 кг у 15-16 місяців;. -Середньодобові прирости телиць до року 750 г, старше року – 700 г.; -Відхід молодняку до 5 %;. -Кормозабезпечення поголів'я стада ВРХ ґрунтується на однотипній годівлі кормосумішками;. -Урожайність зернофуражних і кормових культур з 1 га посіву: зернові в середньому – 35-72 ц, пшениця озима – 38-60 ц, ячмінь – 32-46 ц, кукурудза на зерно – 56-90 ц, горох – 19-26 ц, кукурудза на силос – 270-290 ц, багаторічні трави на сіно – 45-55 ц і на сінаж та зелений корм – 270-290 ц.; -Вихідні дані для визначення енерговитрат на виробництво продукції молочного скотарства - затрати на корову зі шлейфом: праця – 60-75 люд.-год; електроенергія – 600-730 кВт-год. Енергетичні еквіваленти інших ресурсів – згідно відомих довідкових величин [8, 9, 10].

Розрахунками, на прикладі підприємства з мінімальною чисельністю поголів'я великої рогатої худоби 105 голів (50 корів) і середньою продуктивністю 8000 кг на корову встановлено, що щільність середньорічного поголів'я на власній кормовій базі на 100 га становить - великої рогатої худоби – 55,6 голови, в т. ч. корів – 25,5 голови.

Для забезпечення необхідних рівнів продуктивності розроблені річні норми заготівлі і витрат кормів та їх структури для корів і ремонтних телиць в залежності від їх продуктивності [4]. В основу цих нормативів покладено норми потреби в поживних речовинах і годівлі тварин з урахуванням їх статевовікового складу і фізіологічного стану, живої маси і продуктивності, сезонів року (зимовий і літній), вимог до якості молока, потреби кормів на підтримання життя і продукцію, біологічних і технологічних втрат кормів при заготівлі, зберіганні, доставці та згодовуванні, енерговитрат на вирощування зернофуражних і кормових культур та виробництво кормів, їх собівартість і ін.

Для одержання надоїв 8000 кг молока необхідно заготовляти на корову в рік майже 86,6 ц кормових одиниць. При цьому, тип годівлі корів і молодняку великої рогатої худоби повинен будуватися в напрямку збільшення в раціонах тварин витрат комбікормів, сіна і стабілізації витрат сінажу та силосу, у складі яких збільшується частка силосу із суміші посівів кукурудзи з соєю та сінажу із багаторічних трав, зменшення зелених кормів і соломи. Використання концентрованих кормів повинно бути тільки у вигляді комбікормів, які за складом повинні відповідати потребам фізіологічного стану корів та певних статевовікових груп молодняку ВРХ, бути повноцінними та забезпечувати задану продуктивність корів та ремонтних телиць. У складі комбікормів за масою на частку зерна повинно приходиться не більше 80% та 20% становлять добавки. Із всієї кількості зерна для виготовлення комбікормів по 30% за поживністю займають кукурудза, ячмінь і пшениця та 10% - горох, а у добавках не менше 50% повинні займати високобілкові компоненти (шрот, макуха і ін.). Згодовування усіх видів кормів, включаючи і комбікорми, повинно бути у складі повнораціонних кормосумішей, які забезпечують повну потребу тварин у поживних речовинах в залежності від їх продуктивності, фізіологічного стану, періоду лактації та статевовікового складу. Визначений розмір фуражного фонду ферми в цілому з урахуванням страхового запасу – по концентратах – 8-10%, соковитих та грубих кормах – до 15%.

Загальна потреба в кормах за поживністю для молочної ферми повинна складати 658,6 тонн кормових одиниць, з яких в натурі необхідно заготовляти: комбікормів – 234,0 тонн, силосу – 364,3 тонн, сіна багаторічних трав – 131,6 тонн, сінажу багаторічних трав – 122,7 тонн та зелених кормів – 641,3 тонн.

Досвід експлуатації скотарських ферм доводить, що досягнення проектних показників виробництва продукції і продуктивності худоби, перш за все, лімітується кормозабезпеченністю та повноцінністю годівлі тварин. У зв'язку з цим виникає потреба перегляду традиційних систем виробництва, заготівлі і використання кормів, коли при виробництві продукції молочного скотарства повинно забезпечуватися повноцінна та рівномірна годівля тварин протягом усього року.

Збільшенню кормозабезпечення, нарощуванню обсягів та підвищенню ефективності виробництво молока і яловичини сприяє широке впровадження інтенсивної системи виробництва і використання кормів, що включає: вирощування найбільш високоврожайних кормових культур; збирання їх у фазах максимального накопичення поживних речовин; приготування високоякісного силосу, сінажу, сіна, які у поєднанні з концентратами будуть становити основу раціонів корів і молодняку на протязі всього року; організацію стабільної повноцінної годівлі згідно з деталізованими нормами, незалежно від пори року, з використанням влітку у вигляді білково-вітамінної добавки до основного раціону зеленої маси (не більше 20 кг маси на добу), питома вага яких у річному раціоні корів повинна складати не більш 7-10%, у літніх же раціонах – на рівні 20% за поживністю. У разі освоєння такої системи складаються умови для упорядкування структури посівних площ кормових культур. Замість великого набору культур зеленого конвеєра, у кормовому клині питома вага багаторічних трав розширюється до 65-70 %, посіви кукурудзи на силос доводяться до 30-35%.

Така система дає змогу без додаткових витрат з одних і тих же площ посіву, за рахунок збирання кормових культур в оптимальні фази вегетації, збільшити на 25-30% збір поживних речовин з гектара кормової площі, підвищити загальний рівень та повноцінність годівлі корів і молодняку на вирощуванні та відгодівлі і на цій основі на 15-20% збільшити їх продуктивність і обсяги виробництва молока та, що особливо важливо, ліквідувати сезонність їх реалізації.

Намічені розміри кормозабезпечення, поголів'я тварин і їх продуктивності дають змогу одержувати молока до 400 тонн. З урахуванням його випоювання телятам, розмір реалізації молока буде становити 376 тонн, або 94% від валового виробництва. Такою ж буде і товарність у разі повної реалізації.

Розрахунки показали, що у підприємстві з чисельністю поголів'я великої рогатої худоби 105 голів (50 корів) у межах параметрів продуктивності (7000-9000 кг на корову) річні загальні затрати сукупної енергії на виробництво продукції (молоко, приріст, жива маса) коливаються від 19076 ГДж до 23299 ГДж або 382–466 ГДж на корову зі шлейфом. За структурою загальні затрати сукупної енергії такі: 10,9–8,9 % - на відтворення стада (2070,4 ГДж), 5,7–4,7 % - від основних засобів виробництва (1085,3 ГДж), 4,1–3,3 % - від оборотних засобів виробництва без кормів і підстилки (774,5 ГДж). Сукупна енергія прямих і непрямих затрат праці – 0,9–0,7 % (172,5 ГДж), сукупна енергія, уречевлена в кормах і підстилці має найбільшу частку – 78,4–82,4 % (14973–19196 ГДж).

Визначено, що енерговміст продукції, виробленої у межах обґрунтованих технологічних параметрів і безпосередньо придатної для вживання при зростанні продуктивності збільшується від 1309 ГДж до 1631 ГДж. Структуру наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Структура енерговмісту продукції за видами, ГДж

Енерговміст:	Продуктивність корів, кг/рік		
	7000	**8000**	**9000**
отриманого молока (за вмісту жиру 3,8 %)	1074,5	1228,0	1381,5
живої маси вибракуваних тварин	119,1	119,1	119,1
отриманого за рік приплоду	8,6	8,1	7,7
приросту маси тварин, що вирощуються	51,0	51,0	51,0
продукції, придатної для харчування	1253,2	1406,3	1559,3
екскрементів тварин	3597,0	4042,4	4568,5
підстилки	2,2	2,4	2,5
усієї продукції	4852,4	5451,0	6130,3

Слід зазначити, що найбільша частка у структурі енерговмісту продукції, придатної для харчування належить енерговмісту виробленого молока – 85,7-88,6 %. Отже, вироблене молоко є найбільш впливовим чинником, як на коефіцієнт енергетичної ефективності продукції, придатної для харчування, так і загальної продукції.

Створена комп'ютерна програма в середовищі MS Excel дозволила провести маржинальний аналіз за видами енерговитрат у межах встановлених техніко-виробничих параметрів і визначити залежності змін енергоефективності виробництва, з урахуванням енерговмісту молока і його першочергової якісної характеристики – жиру. Для продуктивності від 7000 кг до 9000 кг на корову в рік з інтервалом зростання вмісту жиру молока на 0,1 % від 3,8 % до 4,2 % визначені закономірності змін енерговмісту продукції. Одержані лінійні залежності свідчать про те, що незалежно від вмісту жиру в молоці із зростанням продуктивності спостерігається збільшення і енерговмісту продукції, придатної для харчування, і енерговмісту всієї продукції. Так, в середньому результатом зростання продуктивності на кожні 1000 кг є збільшення такого енерговмісту на 153-161 ГДж (5,2 %) і 639-647 ГДж (1,3 %) відповідно у залежності від вмісту жиру в молоці (табл. 2).

Таблиця 2

Функціональні залежності енерговмісту продукції від вмісту жиру в молоці

Вміст жиру у молоці (X), %	Енерговміст продукції, придатної для харчування (Y), ГДж	Енерговміст всієї продукції із врахуванням сполученої (Y), ГДж
3,8	y = 153,05x + 1100,2	y = 638,95x + 4200
3,9	y = 155,05x + 1112,2	y = 640,94x + 4212
4,0	y = 157,05x + 1124,2	y = 642,94x + 4224
4,1	y = 159,05x + 1136,2	y = 644,94x + 4236
4,2	y = 161,05x + 1148,2	y = 646,94x + 4248

За таких умов, водночас, коефіцієнти енергетичної ефективності продукції, придатної для харчування і загальної продукції також змінюються у бік покращення в наступній залежності (табл. 3).

Таблиця 3

Взаємозв'язок коефіцієнтів енерговмісту продукції і жиру молока

Вміст жиру у молоці (X), %	Коефіцієнт енергетичної ефективності продукції, придатної для харчування (Y), %	Коефіцієнт енергетичної ефективності загальної продукції (Y), %
3,8	y = 0,0600x + 6,5300	y = 0,4350x + 25,023
3,9	y = 0,0634x + 6,5992	y = 0,4390x + 25,090
4,0	y = 0,0654x + 6,6709	y = 0,4409x + 25,162
4,1	y = 0,0673x + 6,7426	y = 0,4428x + 25,234
4,2	y = 0,0692x + 6,8143	y = 0,4448x + 25,305

В цілому можна констатувати, що у межах продуктивності від 7000 кг до 9000 кг молока на корову в рік в середньому із зростанням вмісту жиру в молоці від 3,8 % до 4,2 % обидва коефіцієнти покращуються на 0,06-0,07 % і 0,44 % відповідно.

Таким чином доведено, що як підвищення продуктивності, так і поліпшення якості молока має позитивний ефект.

Досліджено і установлено вплив зміни якісних показників інших видів продукції на енерговитрати виробництва. Визначені закономірності свідчать про те, що зпониження категорії вгодованості (вища–середня-нижче середньої-худа) худоби, яку вибракувано з основного стада і при одержанні приросту за рахунок її вирощування, на кожну наступну позицію зменшує коефіцієнт енергетичної ефективності основної частини продукції і коефіцієнт енергетичної ефективності загальної продукції на 0,1 %. Такий же негативний ефект має збільшення на 10 % чисельності вводу до основного стада ремонтних тварин. При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності загальної продукції погіршується на 0,3 %.

Таким чином, обґрунтовані залежності дають змогу формувати основні елементи взаємозв'язків системи виробництва продукції скотарства у межах параметрів малого підприємства. Моделювання виробництва продукції з використанням рівнянь залежності її енерговмісту від якісних характеристик створює можливість об'єктивно оцінювати кількісно енергетичну складову технологічних процесів при виробництві продукції відповідно кожному виду ресурсів і має широке практичне значення, оскільки енергоефективні технологічні процеси стимулюють підвищення прибутковості галузі тваринництва в цілому і є передумовою для залучення інвесторів, створення нових робочих місць тощо

Висновки:

1. Визначено, що основна частка у структурі енерговмісту продукції, придатної для харчування належить енерговмісту виробленого молока – 85,7-88,6 %. Цей факт констатує, що вироблене молоко є найбільш впливовим чинником, як на коефіцієнт енергетичної ефективності продукції, придатної для харчування, так і загальної продукції.

2. Установлені закономірності впливу змін якісних характеристик продукції на енерговитрати її виробництва. Так, у межах продуктивності від 7000 кг

до 9000 кг молока на корову в рік зростання вмісту жиру в молоці на 0,1 % дає покращення коефіцієнтів енергетичної ефективності на 0,07-0,08 %.

3. Створена система комп'ютерної оцінки енергетичної ефективності виробництва продукції скотарства в умовах малого підприємства на практиці дозволяє з урахуванням особливостей конкретної системи параметрів визначати енергоефективність технологічних процесів і ефективно впливати на енергозаощадження.

Бібліографічний список

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва продукції в Україні на період до 2025 року. Книга за ред. акад. НААН Я. М. Гадзала, М. І. Бащенка, В. М. Жука, Ю. О. Лупенка. К. : Аграр. наука, 2016. 216 с.

2. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2030 рр.). Книга за ред. акад. НААН М. І. Бащенка. К. : Аграр. наука, 2017. 160 с.

3. Руденко Є. В, Гребень Л. Г., Шевчук Б., Антоненко С. Ф., Марченко В. А., Тришин О. К., Чигринов Є. І. Техніко-економічні параметри та планувальні рішення реконструкції і нового будівництва молочних ферм: довідник. 2-ге вид., перероб. і доп. Харків : Інститут тваринництва НААН. 2017. 370 с.

4. Річні нормативи заготівлі та структури кормів для різних видів тварин в залежності від їх продуктивності по зонах України / нормативний науково-виробничий посібник / Ін-т тваринництва УААН; 3-є видання доповнене, Харків, 2008, 31 с.

5. Марченко В. А., Корх І. В., Корх О. В., Петраш В. С., Адмін О. Є., Адміна Н. Г., Ткачов А. В. Підвищення ефективності залучення інвестицій для ферм з різними обсягами річного виробництва молока: рекомендації. Харків : ІТ НААН. 2020. 45 с.

6. Гетманец О. М. Эконометрика: курс лекций для студентов факультета менеджмента, обучающихся по направлению подготовки 6.030601 – «менеджмент», Харьковская государственная зооветеринарная академия. Х. : РИО ХГЗВА, 2012. 94 с.

7. Барановський Д. І., Гетманець О. М., Хохлов А. М. Біометрія в програмному середовищі MS Excel: навчальний посібник. Х. : СПД ФО Бровін О.В. 2017. 90 с.

8. Методические рекомендации по биоэнергетической оценке технологий производства продукции животноводства. Москва: ВИЭСХ, 1985. 8 с.

9. Биоэнергетическая оценка сельскохозяйственных технологий и пути экономии энергии. Москва: ВАСХНИЛ, 1983.34 с.

10. Кулик М. Ф. та ін. Методика біоенергетичної оцінки технологій виробництва продукції тваринництва і кормів. Вінниця. 1997. 54 с.

11. Чигринов Є.І., Трішин О.К., Сиромятникова Н.А., Марченко В.А., Хохлов А.М., Нардус С.Є., Соловйов В.О., Ткачов А.В. Енергонезалежна ферма виробництва органічного молока на 50 корів: посіб. Харків: Ін-т тваринництва НААН. 2020. 69 с.

References

1. Hadzala, Ya. M., (Ed.), Bashchenko M. I., Zhuk V. M., Lupenko Yu. O. (2016). *Stratehiia rozvytku silskohospodarskoho vyrobnytstva produktsii v Ukraini na period do 2025 roku* [Strategy for the development of agricultural production in Ukraine for the period until 2025]. Kyiv : Ahrarna nauka. – 216 s. [in Ukrainian].

2. Bashchenko, M. I. (Ed.) (2017). *Tvarynnytstvo Ukrainy: stan, problemy, shliakhy rozvytku (1991-2017-2030 rr.)* [Animal husbandry of Ukraine: state, problems, ways of development (1991-2017-2030)]. Kyiv : Ahrarna nauka. 160 s. [in Ukrainian].

3. Rudenko, Ye.V., Rudenko, Ye. V., Greben, L. G., Shevchuk, B., Antonenko, S. F., Marchenko, V. A., Trishin, O. K., & Chigrinov, Ye. I. (2017). Tekhniko-ekonomichni parametry ta planuvalni rishennia rekonstruktsii i novoho budivnytstva molochnykh ferm: dovidnyk [Technical and economic parameters and planning solutions for the reconstruction and new construction of dairy farms] NAAN, In-t tvarynnytstva. Kharkiv, 370. [in Ukrainian].

4. *Richni normatyvy zahotivli ta struktury kormiv dlia riznykh vydiv tvaryn v zalezhnosti vid yikh produktyvnosti po zonakh Ukrainy : normatyvnyi naukovo-vyrobnychyi posibnyk* [Annual procurement standards and structure of fodder for different types of animals depending on their productivity in the zones of Ukraine] Instytut tvarynnytstva UAAN. Kharkiv, 2008, 31. [in Ukrainian].

5. Marchenko, V. A., Korkh, I. V., Korkh, O. V., Petrash, V. S., Admin, O. Ie., Admina, N. H., & Tkachov, A. V. (2020). *Pidvyshchennia efektyvnosti zaluchennia investytsii dlia ferm z riznymy obsiahamy richnoho vyrobnytstva moloka: rekomendatsii* [Increasing the effectiveness of investment attraction for farms with different volumes of annual milk production: recommendations] Kharkiv : Instytut tvarynnytstva. 45 [in Ukrainian].

6. Getmanec, O. M. (2012). Ekonometrika: kurs lekcij dlya studentov fakul'teta menedzhmenta, obuchayushchihsya po napravleniyu podgotovki 6.030601 – «menedzhment», Har'kovskaya gosudarstvennaya zooveterinarnaya akademiya. Kharkiv : RIO HGZVA, 94. [in Ukrainian].

7. Baranovskyi, D. I., Hetmanets, O. M., & Khokhlov, A. M. (2017). *Biometriia v prohramnomu seredovyshchi MS Excel* : navchalnyi posibnyk. Kharkiv : SPD FO Brovin O. V. 90 [in Ukrainian].

8. *Metodicheskie rekomendacii po biojenergeticheskoj ocenke tehnologij proizvodstva produkcii zhivotnovodstva* [Guidelines for bioenergy assessment of livestock production technologies] (1985). Moskva : VIJeSH. 8. [in Russian].

9. *Biojenergeticheskaja ocenka sel'skohozjajstvennyh tehnologij i puti ekonomii energii* [Bioenergy assessment of agricultural technologies and ways to save energy] (1983). Moskva : VASHNIL. 34. [in Ukrainian].

10. Kulyk, M. F. (1997). *Metodyka bioenerhetychnoi otsinky tekhnolohii vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva i kormiv* [Methodology of bioenergetic assessment of animal husbandry and fodder production technologies]. Vinnytsia, 54. [in Ukrainian].

11. Chyhrynov, Ye. I., Trishyn, O. K., Syromiatnykova, N. A., Marchenko, V. A., Khokhlov, A. M., Nardus, S. Ye., Soloviov, V. O., & Tkachov, A. V. (2020). *Enerhonezalezhna ferma vyrobnytstva orhanichnoho moloka na 50 koriv* [Energy-independent farm producing organic milk for 50 cows]. Instytut tvarynnytstva NAAN. Kharkiv, 69. [in Ukrainian].

THE SPECIFICS TO STRUCTURE THE SYSTEM OF PARAMETERS AND STANDARDS FOR TECHNOLOGICAL AND TECHNICAL SOLUTIONS IN THE CREATION OF SMALL-SCALE PRODUCTION FACILITIES

Marchenko V. A., Trishyn O. K., Chyhrynov Ye. I., Drozdov S. Ye., Petrash V. S., Admina N. G., Tkachov A. V., Ponomarova V. V., Institute of Animal Science NAAS.

The results of monitoring and analysis of production and organisational indicators of more than 50 farms have been presented, identifying the main elements that characterise them. There have been covered the main principles of forming the system

of technology parameters, the directions of minimizing the determining conditions that negatively affect the production process. It has been explained that enlargement of farms with 50-100 cows considerably raises the technological level of milk production and storage. There were determined the parameters of technological and technical solutions of the enterprises with the number of cows from 50 to 120 heads. There were determined limits of parameters limitation, produced energy efficiency was evaluated and modelled on the example of minimal size (50 cows with annual productivity from 7000 kg to 9000 kg of milk per head). The structure of energy intensity of production was calculated by types - milk, live weight of culled animals, gain of breeding animals received brood. The energy intensity of excrement and litter has been taken into account. It was calculated that the highest proportion in the structure of the energy content of products appropriate for feeding belongs to the energy content of milk produced - 85.7-88.6 %, and since it was the most influential factor in the coefficients of energy efficiency of the main and general products, the functional correlations of the energy content of products and fat were determined. The influence of changes in qualitative indicators of other types of products on energy consumption in production was calculated namely fatness of culled cattle and animals from which growth was obtained.

The functional determined correlations allow us to form the key elements of the cattle breeding production system interrelations, taking into account the peculiarities of a particular system of parameters, determine the energy efficiency of technological processes, and influence effectively the use of all kinds of resources.

Keywords: energy costs, efficiency, technology parameters, productivity, technological processes.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-140-151
УДК 638.636.03.576

ТЕХНОЛОГІЯ УТРИМАННЯ БДЖІЛ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ АКТИВНОСТІ ГІГІЄНІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ

Маслій І. Г., к. вет. н., с. н. с., https://orcsd.org/0000–0002–8671–3356
Інститут тваринництва НААН

У роботі розглянуті питання технології утримання бджіл з метою підвищення активності гігієнічної поведінки як фактору природньої резистентності. Метою роботи було вивчення активності гігієнічної поведінки шляхом встановлення відмінностей у бджіл різних порід, районованих на території України, у різних сім'ях однієї породи на різних пасіках, здорових та з ознаками інфекційних хвороб, а також дослідження специфічності поведінки імаго бджіл щодо очищення тіла від паразитів (кліщів Varroa) та розпізнавання і видалення уражених лялечок із комірок розплоду. Показано залежність активності гігієнічної поведінки від породних особливостей та сили бджолиної сім'ї. Встановлено, що українська степова порода бджіл має виражену активність гігієнічної поведінки та є більш стійкою до зараження ектопаразитами та патогенами порівняно з карпатською породою. Різниця у тривалості повного очищення комірок у сім'ях бджіл української степової та карпатської порід становила в середньому 4±1 годину. Проведено вивчення гігієнічної поведінки медоносних бджіл до розпізнавання та видалення уражених лялечок із запечатаного робочого розплоду в межах однієї породи. Активність бджіл тривала протягом 6 діб, інтенсивність

була максимальною у перші три доби: у середньому було видалено 64,5 % пошкоджених лялечок. Однак реакції бджіл були неспецифічними по відношенню до паразиту, через 6 діб не встановлено достовірних відмінностей між механічно пошкодженими комірками (47,7 %) та ураженими кліщем варроа (48,3 %)

Активність бджіл проявлялась впродовж шістьох діб, інтенсивність грумінгу та гігієнічної поведінки були максимальними протягом перших трьох діб: в середньому скинуто з тіла бджіл 77,4 % самок Varroa та видалено 64,5 % ушкоджених лялечок з комірок. Однак реакції бджіл не були специфічними щодо паразита, відповідні очищувальні рухи здійснювали бджоли й в контрольних дослідах.

Ключові слова: **технологія утримання бджіл, активність гігієнічної поведінки, хвороби, грумінг.**

Технологія утримання бджіл спрямована на підвищення продуктивності та стійкості сімей бджіл до хвороб. Одним із факторів захисту бджіл від паразитів та патогенів є гігієнічна поведінка – здатність виявляти та видаляти загиблих особин з гнізда.

Захворювання бджіл завдають галузі величезних економічних збитків. Широке застосування хімічних препаратів боротьби з захворюваннями комах викликає появу резистентних збудників до лікувальних засобів. Залишки лікувальних препаратів забруднюють продукти бджільництва, накопичуються у меді, воску [1–4].

Ситуацію ускладнює те, що перебіг хвороб у бджіл має асоційований характер, у багатьох господарствах зустрічається паразитоценози, що пов’язано з широким розповсюдженням кліща *Varroa* на пасіках країн світу. Ступінь ураження вароозом сприяє активізації інших інфекцій та їх форм, що в подальшому викликає складнощі в діагностиці та лікуванні і потребує використання цілого арсеналу терапевтичних засобів. Тому для попередження хвороб на пасіці доцільно запроваджувати комплексні заходи [12].

Корисні комахи повсяк час контактують з навколишнім середовищем, негативні фактори якого впливають на їх життєдіяльність.

Природня несприйнятливість, властива цьому виду комах до дії агресивних збудників, вироблена у процесі еволюційного розвитку. Вона передається у спадок і міцно пов'язана з фізіологічними та біологічними особливостями комахи. Прикладом її може бути стійкість дорослих бджіл, маток і трутнів, які мають вроджений імунітет, до гнильцевих хвороб, які вражають розплід.

Діяльність всіх бджіл у вулику цілком спрямована на те, щоб забезпечити розвиток сім’ї.

Серед багатьох інстинктів, властивих цій суспільній комасі є такі, як побудова комірок стільників, провітрювання і опалювання гнізда, суспільна харчова поведінка, природжена охайність. І завдяки цілеспрямованій інстинктивній поведінці вони суворо стежать за порядком в гнізді, проводять прибирання у вулику, виносячи з нього екскременти і трупи вмерлих комах. Таке явище дослідники назвали санітарним очищенням гнізда або «гігієнічною» поведінкою, яка складається з виявлення робочою бджолою наявності зараженої личинки або лялечки, розпечатування воскової кришки комірки, якщо комірка запечатана, та видалення хворої особини[1–3, 9].

У зв'язку з цим останніми роками багато досліджень присвячено вивченню можливості підвищення стійкості сімей до захворювань. І саме тому в нагоді актуальними стали вивчення певних гігієнічної поведінки комах та використання їх для збереження та повноцінного розвитку бджіл в подальшому.

Мета роботи: вивчення активності гігієнічної поведінки шляхом встановлення відмінностей у бджіл різних порід, районованих на території України, у різних сім'ях однієї породи на різних пасіках, здорових та з ознаками інфекційних (гнильці, аскосфероз), а також дослідження специфічності поведінки імаго бджіл щодо очищення тіла від паразитів (кліщів *Varroa*) та розпізнавання і видалення уражених лялечок із комірок розплоду.

Матеріали та методика досліджень. Досліди з вивчення гігієнічної поведінки було проведено у виробничих умовах (на пасіках Полтавської, Харківської, Одеської, Закарпатської областей). У дослідах використовували бджіл карпатської та української степової порід, як хворих (з клінічними ознаками хвороб), так і умовно здорових. При дослідженнях кормових запасів в усіх зразках у піддослідних сім'ях було встановлено контамінацію стільникового меду спорами збудників гнильців та аскосферозу.

Визначення активності гігієнічної поведінки проводили за методикою M. Spivak, M. Gilliam [7-9]: на стільниках з печатним розплодом рідким азотом обробляли ділянки, площею 5 × 5 см (близько 100 чарунок) і визначали час видалення загиблих личинок.

Очисну здатність імаго бджіл від ектопаразитів визначали кожну добу за кількістю кліщів, що осипались на дно вулика, а також щомісяця за екстенсивністю ураження дорослих особин [9, 12].

Під час огляду сімей, визначивши породу бджіл, реєстрували їх силу за кількістю вуличок та бджіл у віці 5–12 діб,, а також кількість колоній патогенних бактерій, вилучених з 1 $см^3$ середньої проби меду, що були залучені у дослід.

За дослідними сім'ями проводили спостереження, до появи перших випадків видалення загиблих личинок, 50 відсотків їх та повної очистки стільника від загиблого розплоду (100 відсотків).

Специфічну (етологічну) поведінку імаго бджіл щодо очищення тіла проводили у садковому лабораторному досліді на сім'ях бджіл дослідної пасіки інституту. Різновікових бджіл відбирали по 100 особин у три ентомологічні садки з кожного вулика. Відбір проводили на п'яти пасіках з п'яти сімей бджіл та формували п'ять дослідних груп [11].

У першому досліді визначали активність імаго бджіл щодо очищення тіла від кліщів *Varroa*. Бджіл у садках витримували 2 доби в термостаті за температури 32°С та відносній вологості (60–80) %, без обмеження корму та води. Через 2 доби підсаджували до бджіл не менше 20 самок *Varroa*, яких виймали з комірок з трутневим або бджолиним розплодом безпосередньо перед дослідом. Динаміку очищення тіла бджіл від кліщів визначали протягом 6-ти діб шляхом щодобового підрахунку кількості загиблих самок *Varroa* на дні садка. Результати обчислювали у відсотках.

У другому досліді визначали динаміку очищення бджолами пошкодженого розплоду. В кожний садок зі 100 особинами різновікових імаго бджіл вносили шматочок запечатаного розплоду робочих бджіл розміром (5х5) см, що дорівнював 100 коміркам з лялечками. В 50 комірок механічно підсаджували самок *Varroa*, обережно піднімаючи кришечку комірки ентомологічною голкою, а 50 інших – проколювали голкою. Протягом досліду встановлювали час, за який бджоли повністю розпечатували 50 % та 100 % комірок, а також відсоток серед них комірок з кліщем.

Протягом травня–жовтня визначали динаміку розвитку популяцій паразита в дослідних сім'ях, з яких були відібрані бджоли і розплід, та встановлювали зв'я-

зок між етологічними реакціями бджіл та екстенсивністю їх ураження кліщем *Varroa*.

Після оцінки кожного з тестів експериментальні сім'ї та бджоли у лабораторних садках були класифіковані відповідно до ступеня (активності видалення загиблих особин) їх чистоти на сім'ї з низькою, середньою або високою гігієнічною поведінкою [13-16].

Результати власних досліджень. Визначення часу видалення механічно пошкоджених комірок із личинками та лялечками дозволило виявити відмінності активності гігієнічної поведінки бджіл двох порід, найбільш поширених в Україні.

Результати показали, що бджоли української степової породи починали реагувати на пошкоджений розплід через 2,5–3 години, тобто вдвічі швидше, ніж особини карпатської породи (5–6 годин). Проміжок часу, за який робочі бджоли видаляли половину загиблих личинок та лялечок, відрізнявся на 1–3 години. Різниця у тривалості повного очищення комірок у сім'ях бджіл української степової та карпатської порід становила в середньому 4±1 годину (18–20 та 22–24 години, відповідно) (табл. 1).

З таблиці 1 видно, що швидке реагування бджіл української степової породи на загиблий розплід супроводжувалося також високим грумінгом (очисною здатністю) імаго від ектопаразитів.

Кількість кліщів *Varroa* в донному смітті була завжди більша в сім'ях цієї породи в порівнянні з карпатською.

Таблиця 1

Активність гігієнічної поведінки у сім'ях медоносних бджіл різних порід

Показники активності гігієнічної поведінки бджіл	Порода бджіл	
	Карпатська	Українська степова
Початок реагування на пошкоджений розплід (год)	6,0±0,5	3,0±0,5
Видалення 50 % загиблих личинок та лялечок (год)	12,0±1,5	10,0±0,5
Повне (100 %) очищення комірок (год)	22,0±2,0	18,0±1,5
Кількість загиблих кліщів варроа (особин/діб)	4,8±1,4	7,5±1,7

Аналіз підмору і мікроскопічне дослідження загиблих паразитів показали численні випадки пошкодження кінцівок та інших частин тіла кліщів як у особин, що окремо обсипалися, так і у прикріплених до мертвих бджіл, що вказувало на неприродну загибель кліщів.

Крім того, на дні вуликів, де утримувались бджоли української степової породи, виявляли більшу кількість молодих самок і нестатевих зрілих стадій варроа – прото- і дейтонімф, що свідчило про активніше очищення стільників після виходу молодих робочих особин або трутнів бджолами цієї породи порівняно з карпатками.

Зростання чисельності популяції паразита в бджолиних сім'ях української степової породи стримувалося за рахунок більш активного знищення запліднених самок *Varroa* робочими бджолами. У бджіл карпатської породи цей показник був майже на третину меншим.

При проведенні досліджень на окремих пасіках Харківської області (табл. 2) виявили відмінності активності гігієнічної поведінки в різних сім'ях бджіл однієї породи (української степової).

Встановлено, що цей показник позитивно корелює із загальною силою розвитку сім'ї бджіл – співвідношенням кількості молодих внутрішньо вуликових робочих особин та розплоду (личинок та лялечок).

Таблиця 2

Активність гігієнічної поведінки у різних за силою розвитку сім'ях бджіл української степової породи

Показники		Пасіки			
		I	II	III	IV
Сильні сім'ї	Кількість імаго (вулички)	9,2±0,3	10,3±0,6	11,5±0,4	10,9±0,5
	Кількість печат. розплоду (тис. ком.)	6,85±0,1	7,2±0,3	6,6±0,2	6,2±0,2
	Кількість відкр. Розплоду (тис. ком.)	3,6±0,3	4,3±0,4	3,2±0,3	3,5±0,3
	Час видалення загиблих личинок (год)	20,2±2,0	19,5±1,7	19,1±0,8	20,1±1,2
	К-ть колоній ***P. Larvae*** з 1 $см^3$ меду	1,8 х 10^3мікробних клітин/$см^3$			
Слабкі сім'ї	Кількість імаго (вулички)	4,4±0,3	5,2±0,6	5,0±0,8	6,3±0,5
	Кількість печат. розплоду (тис. ком.)	3,2±0,4	3,7±0,2	4,8±0,3	4,2±0,4
	Кількість відкр. Розплоду (тис. ком.)	2,8±0,3	2,7±0,2	1,9±0,1	2,3±0,2
	Час видалення загиблих личинок (год)	24,0±0,0	21,8±1,5	22,2±0,5	21,9±0,5
	К-ть колоній ***P. Larvae*** з 1 $см^3$ меду	3,7 х 10^7 мікробних клітин/$см^3$			

Встановлено, що активність "гігієнічної поведінки" була вищою в сім'ях бджіл з більшою силою розвитку – в них спостерігали лише контамінацію стільникового меду спорами збудників інфекційних хвороб, тоді як сім'ї з меншою силою розвитку, збудники інфекційних хвороб досягли концентрації, здатної спричинити захворювання і колонії бджіл мали усі ознаки клінічного прояву інфекційних хвороб. Клінічні ознаки інфекційних хвороб реєстрували у 5–8 разів частіше у сім'ях слабкої та середньої сили розвитку, порівняно із сильними.

Бактеріологічні дослідження показали, що у слабких сім'ях контамінація стільникового меду спорами патогенних мікроорганізмів завжди призводила до розмноження збудників та їх виділення із загиблого розплоду. У сильних сім'ях ураження кормів не викликало прояву інфекційного процесу.

Результати досліджень свідчать, що достатня кількість фізіологічно здорових імаго в сильних бджолиних сім'ях здатна швидко видаляти загиблих личинок і лялечок із комірок, перешкоджаючи розмноженню в гнізді патогенної мікрофлори та забезпечуючи високу стійкість усієї родини до інфекційних хвороб.

Аналізуючи результати дослідження етологічної поведінки імаго бджіл щодо очищення тіла (перший дослід) визначили, що активність імаго бджіл була різна. Динаміка осипу кліщів з імаго бджіл суттєво відрізнялась у ентомологічних садках з різних пасік, різних сімей однієї пасіки і навіть з однієї сім'ї (табл. 3).

Найбільшу загальну активність очищення тіла спостерігали в сім'ях бджіл з IV пасіки протягом всього досліду (табл. 3), але в окремих сім'ях з цієї групи кількість кліщів на дні садка варіювала і була іноді меншою ніж в інших групах.

У перші три доби досліду спостерігали активні рухи бджіл, які приводили до скидання самок *Varroa*. Однак більша кількість кліщів залишалася непошкодженою і, вони знову піднімалися на бджіл.

Таких особин не враховували як тих, що обсипались та загинули. Обсипання кліщів відбувалося впродовж 6 діб, інтенсивність очищення тіла бджіл від паразитів була максимальною перші три доби.

Таблиця 3

Динаміка очищення тіла бджіл від кліща *Varroa* в садковому досліді

№ групи/ пасіки, n=15	Кількість загиблих кліщів, % за час спостереження					К-ть кліщів на бджолах на 6-ту добу, %
	1 добу	2 доби	3 доби	4 доби	5 діб	
I	10,8±1,2	38,4±1,5	72,8±1,3	79,8±2,2	82,4±1,8	17,6±1,4
II	15,3±1,4	40,7±0,98	70,7±1,2	77,8±1,6	80,8±2,04	19,2±0,98
III	8,2±1,02	31,8±1,4	74,8±2,4	82,8±2,7	84,0±1,8	16,0±1,8
IV	18,5±2,0	43,5±1,2	88,5±1,5	93,7±1,8	94,7±2,4	5,3±1,4
V	11,6±0,98	39,1±1,6	80,2±2,2	87,6±1,8	88,2±2,2	11,8±1,2
Середні дані	12,9	38,7	77,4	84,3	86,02	13,98

За цей період в усіх групах було скинуто більше ніж 50 % паразитів. Так, бджоли скинули за першу добу в середньому 12,9 % самок *Varroa*, за другу – ще 25,8 %, за третю – 38,7 %, за четверту тільки 6,9 %, за п'яту – 1,72 %. На шосту добу кліщів на дні садків не знаходили, тобто бджоли припинили очищувальну активність, і на їх тілі залишилося в середньому 13,98 % самок *Varroa*.

Результати другого досліду з очищення бджолами пошкодженого розплоду свідчать про те, що імаго бджіл проявляють виражену гігієнічну поведінку щодо пошкодженого розплоду (табл. 4). Однак вірогідної диференціації в активності щодо комірок з кліщем не було виявлено в жодній групі.

Бджоли в усіх групах почали розпізнавати та розпечатувати кришечки комірок розплоду вже в першу добу в середньому 24,1 %, наприкінці другої доби було очищено іще 23,7 %. На початку третьої доби в усіх групах бджоли розпечатали більше ніж 50 % пошкоджених комірок, однак у подальшому активність бджіл суттєво знизилась.За четверту добу бджоли додатково розпечатали в середньому тільки 14,4 %, за п'яту – 10,9 %, за шосту – 6,2 %. На сьому добу бджоли вже не проявляли активності, й в сім'ях залишилося в середньому 4,0 % нерозпечатаних комірок.

Відсоток розпечатаних комірок з кліщем був майже однаковим за кількістю комірок, пошкоджених голкою, тобто бджоли не проявляли більшої активності саме до розплоду ураженого кліщем.

Динаміка видалення лялечок із комірок з кліщем вірогідно не відрізнялася від очищення бджолами механічно пошкодженого розплоду. Отже, активність гігієнічної поведінки імаго бджіл не була специфічною щодо лялечок, уражених кліщем *Varroa*.

Встановлені відмінності здатності імаго бджіл очищувати тіло та уражений розплід від кліща суттєво не впливали на динаміку розвитку чисельності популяції *Varroa* в дослідних групах сімей бджіл.

Отже отримані дані вказують на те, що бджоли української степової породи, завдяки вищій активності гігієнічної поведінки, мають більшу життєздатність і природну резистентність до патогенних агентів порівняно з бджолами карпатської породи.

Таблиця 4

Активність імаго бджіл щодо розпізнавання та очищення пошкоджених комірок розплоду

№ групи, n=15	Кількість очищених комірок пошкодженого розплоду, % за час спостереження													
	1 добу		2 доби		3 доби		4 доби		5 діб		6 діб		Залишилось комірок на 7-му добу, %	
	М	К	М	К	М	К	М	К	М	К	М	К	М	К
I	14,2	10,8	25,4	20,4	32,2	27,6	40,4	36,9	44,6	42,5	47,5	45,7	2,5	4,3
II	9,8	13,6	24,8	27,4	36,0	37,4	43,1	43,2	46,2	47,5	48,2	49,3	1,8	0,7
III	10,9	8,3	18,8	18,7	27,1	27,1	33,9	34,5	42,1	42,3	47,4	47,7	2,3	2,3
IV	12,6	13,4	26,4	27,7	35,8	36,3	42,7	42,5	47,1	47,9	49,3	49,0	0,7	1,0
V	14,1	12,9	24,2	25,3	30,0	32,3	35,0	41,6	42,4	47,3	47,6	48,8	2,4	2,2
Середні дані	12,3	11,8	23,9	23,9	32,4	32,1	39,2	39,7	44,7	45,1	48,3	47,7	1,9	2,1
	24,1		47,8		64,5		78,9		89,8		96,0		4,0	

Примітки:
1. М – комірки розплоду, що механічно пошкоджували голкою;
2. К – комірки розплоду, в які підсаджували кліща Varroa

Активність гігієнічної поведінки імаго бджіл є фактором природної резистентності всієї родини до патогенів (мікроорганізмів та ектопаразитів) і залежить від породних особливостей і сили розвитку бджолиної сім'ї, запасів меду і перги, а також умов медозбору – наявності та різноманітності джерел корму, особливо білкового.

Зазвичай гігієнічна поведінка сімей бджіл оцінюється за швидкістю, з якою бджоли розпізнають, розпечатують комірки та видаляє мертвих лялечок, які були навмисно вбиті за допомогою голок [17-19]. Оцінена таким чином, гігієнічна поведінка на рівні сімей має високу спадковість, тому легко виділити сім'ї, які виявляють високий рівень гігієнічної поведінки в гнізді та економічно значну стійкість до хвороб.

Таким чином, показники гігієнічної поведінки бджіл щодо «розпізнавання» загиблих особин, «розпечатування» комірок та «видалення» личинок або лялечок можна розглядати як селективні ознаки. Є всі підстави розраховувати певний ефект при селекції за цими ознаками.

Багатьма дослідниками було встановлено генетичну обумовленість такої поведінки.

Виходячи з аналізу джерел світової літератури з даного питання, а також спираючись на результати проведених досліджень, можна з певною мірою впевненості прогнозувати, що селекція ліній бджіл, спрямована на підвищення резистентності до хвороб, займе гідне місце в системі ветеринарно-зоотехнічних заходів з боротьби небезпечними хворобами бджіл [20–24]

Дослідження з селекції бджіл на стійкість до захворювань у багатьох країнах вже давно вийшли за рамки пошукових та теоретичних робіт та набули практичного значення.

Виявлення на пасіках України бджолиних сімей з високою активністю гігієнічної поведінки та планомірне розмноження бджіл з такими характеристиками може бути важливим кроком у селекції порід, толерантних до патогенних агентів.

Однак мінливість гігієнічних показників, що виникають із факторів навколишнього середовища вимагає, щоб оцінка колонії базувалася на декількох показниках, не тільки на наявності самого інстинкту гігієнічної активності. Порогова модель відповіді розподілу завдань дозволяє припустити, що розподіл гігієнічних завдань є результатом відмінності генетичних схильностей до виконання кожного із завдань у кожної бджоли. Якщо первинна різниця між робочими особинами – їхня схильність до ініціативи гігієнічної поведінки (та ймовірності) ініціювання розгризання кришечки комірки чи видалення лялечки, то, швидше за все, ця різниця пов'язана з генами, що беруть участь у ініціації завдань: гени, які підвищують чутливість бджоли до відповідних подразників (таких як запах, що виділяється завмерлим розплодом [23].

Для подальшого вивчення гігієнічної поведінки у районованих на території України порід бджіл плануємо на пасіках проводити відбір бджіл із сімей з високим степенем активності та визначення в них наявності локусів, які впливають на ймовірність того, що робочі особини будуть займатися гігієнічною поведінкою та диференціювання їх за функцією пошуку пошкоджених або хворих особин, розпечатування комірок та видалення загиблих.

Висновок. Ідентифікація локусів генів, що відповідають за активність гігієнічної поведінки, забезпечить не тільки нові уявлення про те, як може призвести генетична мінливість складної поведінки, але також дозволила б розробити відбір маркерів важливих ознак.

Бібліографічний список

1. Федорук Р. С., Ковальчук І. І., Гавраняк А. Р. Фактори формування імунітету медоносних бджіл. *Біологія тварин.* Львів. 2009. Т. 11, № 1. С. 83–90.

2. Кривцова Л. С. Перспективы селекции на устойчивость пчелиных семей к нозематозу. *Сб. научно-исследовательских работ по пчеловодству.* Рыбное, 2000. С. 72–80.

3. Харитонов А. Н. Селекция устойчивых к заболеваниям пчел. *Пчеловодство.* 2006. № 7. С. 15–16.

4. Bar E., Rosenkranz P. Specific grooming behaviour towards brood cells infested with Varroa jacobsoni of different honey bee races. *Ann. Univ. M. Curue-Sklodowska. Medicina Veterinaria.* 1992. № 47. P. 1–6.

5. Chmielewski W. The attempt to characterize damage of Varroa jacobsoni Oud. body collected from winter hive debris. *Ann. Univ. M. Curue-Sklodowska. Medicina Veterinaria*. 1992. № 47. P. 19–22.

6. Spivak M., Gilliam M. Hygienic behaviour of honey bees and its application for cjntrol of brood diseases and varroa. Part I Hygienic behaviour resistance to American foulbrood. *Bee World.* 1998. № 79. P. 124–134.

7. Spivak M., Gilliam M. Hygienic behaviour of honey bees and its application for control of brood diseases and varroa. Part II: Studies on hygienic behaviour since the Rothenbuhler era. *Bee World.* 1998. V. 79, № 4. P. 169–186.

8. Лабинская А. С. Микробиология с техникой микробиологических исследований. М. : Медицина, 1978. С. 155–156.

9. Kefuss J., Taber S., Van Pouecke J., Rey F. Un método prático para comprobar el comportamiento higiénico. *Vida Apicola.* 1996. № 76. P. 26–29.

10 Акимов И. А., Кирюшин В. И. Возможные пути адаптации Apis mellifera (Hymenoptera, Apidae) к паразитированию клеща *Varroa destructor*. *Вестник зоологи.* 2008. т. 42, № 13. С. 237–247.

11. Немкова С. Н., Маслий И. Г. Активность гигиенического поведения медоносной пчелы Apis mellifera L. (Hymenoptera: Apoidae). *Известия Харьковского энтомологического общества*. Харьков. 2004 (2005). Т. XII, вып. 1–2. С. 191–194.

12. Маслій І. Г., Нємкова С. М. Вплив різних факторів на активність “гігієнічної поведінки” у бджіл. *Вісник Білоцерківського ДАУ :* Зб. наук. праць. Біла Церква, 2006. Вип. 36. С. 96–100.

13. Delaplane, K. S., Hood W. M. Economic threshold for Varroa jacobsoni Oud. in the southeastern USA. *Apidologie.* 1999. Vol. 30, № 3. P. 383–395.

14. Gilliam M., Taber S., Lorenz B., Prest D. Factors affecting development of chalkbrood diseases in colonies of honey bees, *Apis mellifera*, fed pollen contaminated with Ascosphera apis. *J. Invertebr. Patol.* Vol. 52. P. 314–325.

15. Harbo J. R., Harris J. W. Selection honey bees for resistance to *Varroa destructor*. *Apidologie.* 1999. Vol. 30, №2. P. 183–196.

16. Ibrahim A., Spivak M. The relationship between hygienic behavior and suppression of mite reproduction as honey bee (*Apis mellifera*) mechanisms of resistance to *Varroa* destructor. *Apidologie.* 2006. Vol. 37, № 1. P. 31–40.

17. Milani N., Vedova G. D. Decline in the proportion of mites resistant to fluvalinate in a population of Varroa destructor not treated with pyrethroids. *Apidologie.* 2002. Vol. 33, № 4. P. 417–422.

18. Morse R. A., Miska D., Masenheimer J. A. *Varroa* Resistance in U. S. Honey Bees. *American Bee Journal*. 1991. № 131. P. 433–434.

19. Spivak M., Reuter G. S. Resistance to American foulbrood diseases by

honey bee colonies Apis mellifera bred for hygienic behavior. *Apidologie.* 2001. Vol. 32, № 5. P. 555–565.

20. Thompson H. M., Brown M. A., Ball R. F., Bew M. H. First reported of *Varroa destructor* resistance to pyrethroids in the UK. *Apidologie.* 2002. Vol. 33, № 4. P. 357–366.

21. Vandame R., Morand S., Colin M. E., Belzuncer L. P. Parasitism in the social bee *Apis mellifera*: quantifying costs and benefits of behavioral resistance to Varroa destructor mites. *Apidologie.* 2002. Vol. 33, № 4. P. 433–445.

22. Palacio M. A., Rodriguez E., Goncalves L., Bedascarrasbure E., Spivak M. Original article Hygienic behaviors of honey bees in response to brood experimentally pin-killed or infected with Ascosphaera apis. *Apidologie.* 2010. Vol. 41. P. 602–61

23. Oxlery P. R., Spivak M., Oldroyd B. P. Six quantitative trait loci influence task thresholds for hygienic behaviour in honeybees (*Apis mellifera*). *Molecular Ecology*. 2010. Vol. 19, № 7. P. 1452-1461.

References

1. Fedoruk, R. S., Kovalchuk, A. R., & Gavraniak, A. R. (2009). Factoru formyvannia imynitety medonosnush bdgil [Factors of formation of immunity of honey bees]. *Biologia tvarin – Biology of creatures*. Lviv, 11. (1). 83–90 [in Ukrainian].

2. Krivcova, L. S., (2000). Perspektivu selekcii na ystoichevost pchelinih semei k nosematosy [Prospects for breeding for resistance of bee colonies to nosematosis]. *Sbornik rabot po pchelovodstvy – Sat. research work on beekeeping*. Ribnoe, 72–80 [in Russian].

3. Haritonov, A. N. (2006). Selekciya ystoichevuh k zabolevaniav pchel [Selection of disease-resistant bees]. *Pchelovodstvo – Beekeeping*. 15–16 [in Russian].

4. Bar, E., & Rosenkranz, P. (1992). Specific grooming behaviour towards brood cells infested with Varroa jacobsoni of different honey bee races, *Ann. Univ. M. Curue-Sklodowska. Medicina Veterinaria*. 47. 1–6.

5. Chmielewski, W. (1992). The attempt to characterize damage of Varroa jacobsoni Oud. body collected from winter hive debris, *Ann. Univ. M. Curue-Sklodowska. Medicina Veterinaria*. 47. 19–22.

6. Spivak, M., & Gilliam, M. (1998). Hygienic behaviour of honey bees and its application for cjntrol of brood diseases and varroa. Part I Hygienic behaviour resistance to American foulbrood, *Bee World*. 79. 124–134.

7. Spivak, M., & Gilliam, M. (1998). Hygienic behaviour of honey bees and its application for control of brood diseases and varroa. Part II: Studies on hygienic behaviour since the Rothenbuhler. *Bee World*. 79, 4. 169–186.

8. Labinskaya A. S., (1978) Mikrobiologiya s tehnikoi mikrobiologicheskih issledovanii [Microbiology with Microbiological Research Techniques]. M. *Medicina [Medicine]*. 155–156 [in Russian].

9. Kefuss, J., Taber S., Van Pouecke, J., & Rey, F. J. (1996). Un método prático para comprobar el comportamiento higiénico, *Vida Apicola*. 76. 26–29.

10. Akimov, I. A., & Kirushin,V. I. (2008). Vozmozhnue pyti adaptacii *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae) k parasitirovanij klecsha *Varroa destructor* [Possible Ways of Adaptation of Apis mellifera (*Hymenoptera, Apidae*) to Parasitism of the Varroa destructor Mite], *Vesnik zoologii – Herald of Zoology*. 42(13). 237–247 [in Ukrainian].

11. Nemkova, S. N., & Maslii, I. G., (2005). Aktivnost gigienicheskogo povedeniya medonosnoi pchelu *Apis mellifera* L. (*Hymenoptera: Apoidae*) [The activity of hygienic behavior of the honey bee Apis mellifera L.] *Izvestiya Harkovskogo Ento-*

mologicheskogo obcshestva – Proceedings of the Kharkiv Entomological Society. Kharkiv, XII (1–2). 191–194 [in Ukrainian].

12. Maslii, I. G., & Nemkova, S. N., (2006). Vpliv riznuh faktoriv na aktuvnist "gigienichnoi povedinku" y bdgil [The influence of various factors on the activity of "hygienic behavior" in bees]. *Visnuk Bilocerkivsrogo DAY* [*Visnyk Bilotserkivskogo DAU: Collection. of science works]*, Bila Cerkva. 36. 96–100 [in Ukrainian].

13. Delaplane, K. S., & Hood, W. M. (1999). Economic threshold for Varroa jacobsoni Oud. in the southeastern USA. *Apidologie*. 30, 3. 383–395.

14. Gilliam, M. Taber, S., Lorenz, B., & Prest, D. (1988). Factors affecting development of chalkbrood diseases in colonies of honey bees, Apis mellifera, fed pollen contaminated with Ascosphera apis. *J. Invertebr. Patol*. 52. 314–325.

15. Harbo, J. R., & Harris, J. W. (1999). Selection honey bees for resistance to Varroa destructor, *Apidologie*. 30, 2. 183–196.

16. Ibrahim, A., & Spivak, M. (2006). The relationship between hygienic behavior and suppression of mite reproduction as honey bee (*Apis mellifera*) mechanisms of resistance to Varroa destructor, *Apidologie*. 37, 1. 31–40.

17. Milani, N., & Vedova, G. D. (2002). Decline in the proportion of mites resistant to fluvalinate in a population of Varroa destructor not treated with pyrethroids. *Apidologie*. 33, 4. 417–422.

18. Morse, R. A., Miska, D., & Masenheimer, J. A. (1991). *Varroa Resistance* in U. S. Honey Bees. *American Bee Journal*. 131. 433–434.

19. Spivak, M., & Reuter, G. S. (2001). Resistance to American foulbrood diseases by honey bee colonies Apis mellifera bred for hygienic behavior. *Apidologie*. 32, 5. 555–565.

20. Thompson, H. M., Brown, M. A., Ball, R. F., & Bew, M. H. (2002). First reported of Varroa destructor resistance to pyrethroids in the UK. *Apidologie*. 33, 4. 357–366.

21. Vandame, R. Morand, S.,Colin, M. E, & Belzuncer, L. P. (2002). Parasitism in the social bee Apis mellifera: quantifying costs and benefits of behavioral resistance to Varroa destructor mites. *Apidologie*. 33, 4. 433–445.

22. Palacio, M. A., Rodriguez, E., Goncalves, L., Bedascarrasbure, E., & Spivak, M. (2010). Original article Hygienic behaviors of honey bees in response to brood experimentally pin-killed or infected with Ascosphaera apis. *Apidologie*. 41, 602–610

23. Oxlery, P. R., Spivak, M., & Oldroyd, B. P. (2010). Six quantitative trait loci influence task thresholds for hygienic behaviour in honeybees (*Apis mellifera*) *Molecular Ecology*. 19, 7. 1452–1461.

TECHNOLOGY OF KEEPING BEE WITH THE PURPOSE OF INCREASING ACTIVITY AND HYGIENIC BEHAVIOR

Maslii I. G., Institute of Animal Science NAAS

The study examined the technology of keeping bees in order to increase the activity of hygienic behavior as a factor of natural resistance. The aim of the work was to study the activity of hygienic behavior by determining differences in bees of different breeds, zoned on the territory of Ukraine, in different families of the same breed in different apiaries, healthy and with signs of infectious diseases, as well as studying the specificity of the behavior of adult bees in cleaning the body from parasites (mites Varroa) and recognition and removal of infectioned pupae from brood cells. There was presented the correlation of the activity of hygienic behavior on the breed characteristics and strength of the bee colony. It was determined that the Ukrainian

steppe breed of bees had a demonstrative activity of hygienic behavior and was more resistant to infection by ectoparasites and pathogens compared to the Carpathian breed. The difference in the duration of complete cleaning of the cells in bee colonies of the Ukrainian steppe and Carpathian breeds was 4±1 hours on average. There was explored the study of the hygienic behavior of honey bees before the recognition and removal of infectioned pupae from the sealed working brood within the same breed. Bee activity lasted for 6 days, the intensity was maximum in the first three days: on average, 64,5% of damaged pupae were removed. However, the reactions of bees were nonspecific in relation to the parasite. After 6 days no significant differences were found between mechanically damaged cells (47,7%) and cells infectioned by the Varroa mite (48.3%).

The activity of bees was manifested during six days, the intensity of grooming and hygienic behavior was maximum during the first three days: on average, 77,4% of Varroa females were thrown from the bees' bodies and 64.5% of damaged pupae were removed from the cells. However, the reactions of the bees were not specific to the parasite, the corresponding cleaning movements were performed by the bees in the control experiments as well.

Keywords: technology of keeping bees, activity of hygienic behavior, diseases, grooming.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-151-161
УДК 636.592.083.14

ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ РЕМОНТНОГО МОЛОДНЯКУ ІНДИКІВ НА РЕГЕНЕРОВАНІЙ ПІДСТИЛЦІ

Мельник В. О., к. с.-г. н., https://orcid.org/0000-0003-3571-7872
Рябініна О. В., к. с.-г. н. , с. н. с., https://orcid.org/0000-0003-3803-0195
Державна дослідна станція птахівництва НААН
Комар Т. В., аспірант, https://orcid.org/0000-0001-9569-8373
Інститут тваринництва НААН

Однією з проблем сучасного птахівництва є дефіцит підстилкових матеріалів. У зв'язку з цим все більше поширення набуває практика регенерації підстилки та багатократного її використання. Як засвідчили дослідження на курчатах-бройлерах, за належного знезараження регенерована підстилка є безпечною для птиці й не впливає негативно на показники її вирощування. В той же час можливість використання регенерованої підстилки при вирощуванні та утриманні інших видів та виробничих груп птиці з технологічним циклом значно довшим, ніж у курчат-бройлерів, вивчена недостатньо. Виходячи з цього, метою наших досліджень була оцінка мікроклімату у пташнику, благополуччя та зоотехнічних показників ремонтного молодняку індиків при вирощуванні на регенерованій підстилці. Було сформовано дві групи індиченят (самок) 5 лінії вітчизняного кросу індиків Харківський, по 150 гол. в кожній групі, одну з яких з 6- до 20-тижневого віку вирощували на новій підстилці (сосновій стружці), іншу (дослідну) на регенерованій підстилці на основі такого ж матеріалу. Регенерацію підстилки виконували за раніше розробленою технологією. Інші умови вирощування індиченят обох груп відповідали нормативним вимогам і були аналогічними. Встановлено, що з 6-и по 12-й тижні вирощування вологість регенерованої підс-

тилки була більшою на 11,3-6,6%, ніж нової (p<0,05). Однак при подальшому вирощуванні різниця за їх вологістю стала неістотною. В кінці періоду вирощування загальний стан підстилки в обох варіантах при оцінці за критеріями - вологість, сипучість та злежуваність не мав істотних відмінностей. При вирощуванні молодняку індиків на регенерованій підстилці спостерігалося збільшення в 5,8-1,1 рази (p<0,05) вмісту аміаку та в 1,5-1,1 рази (p<0,05) вуглекислого газу в повітрі пташника порівняно з їх вирощуванням на свіжій підстилці. В той же час в жоден з періодів вирощування загальна їх концентрація в повітрі не перевищувала гранично допустиму. Вирощування молодняку індиків на регенерованій підстилці не впливало негативно на стан оперення, підошов лап та колінних суглобів індиченят, а також їх зоотехнічні показники.

Ключові слова: **вирощування птиці, ремонтній молодняк індиків, підстилка, регенерація, мікроклімат, благополуччя птиці, зоотехнічні показники.**

Майже все поголів'я м'ясних видів птиці в Україні, як, втім, і в інших країнах розвиненого птахівництва, утримують на підстилці. Останнім часом спостерігається тенденція до переведення на підстилку і яєчних курей. Середньорічне поголів'я птиці, що утримується нині на підстилці в Україні, тільки в птахівницьких підприємствах перевищує 70 млн. гол., а загальна їх потреба у підстилці 900 тис. тонн. В той же час підстилкові матеріали, в якості яких в Україні частіше всього використовують деревну стружку, лушпиння насіння соняшника та солому обмежені. Крім того, ці матеріали використовують в інших галузях тваринництва, для виготовлення паливних пелет, у меблевій промисловості тощо, тому вони стають все більш дефіцитними та дорогими [1].

Внаслідок тих же причин, все більше поширення в деяких країнах (Австралії, Бразилії, Канаді, США), зокрема при вирощуванні курчат-бройлерів дістає практика багаторазового використання підстилки після відповідним чином проведеної її регенерації. Багатократне використання дає змогу істотно зменшити витрати підстилкових матеріалів та витрати на їх транспортування, підвищити вміст у підстилковому посліді хімічних елементів (азоту, фосфору, калію тощо), що визначають його цінність як сировини для отримання органічних добрив. Можливими ж проблемами при цьому є вірогідність передачі птиці через підстилку певних захворювань, погіршення її фізико-механічних властивостей, збільшення емісії аміаку, що може негативно впливати на благополуччя, здоров'я та продуктивні показники птиці, а вентиляційні викиди пташників на довкілля [2].

Типова технологія регенерації використаної підстилки передбачає її знезараження шляхом біотермічного компостування в буртах безпосередньо у пташниках в період їх санації. При цьому температура підстилки підвищується до 55 – 70 ^{o}C, що і дає змогу істотно зменшити кількість патогенних мікроорганізмів [3, 4]. В той же час, за іншими даними, необхідна для знезараження температура досягається тільки всередині буртів. На поверхні ж буртів вона значно менша і недостатня для знешкодження патогенної мікрофлори [5, 6].

В Державній дослідній станції птахівництва Національної академії аграрних наук (ДДСП НААН) розроблено технологію регенерації підстилки, яка передбачає додавання до підстилки спеціального мікробіологічного препарату та опромінення її поверхні бактерицидним ультрафіолетовим випромінюванням за запропонованим режимом. Розроблена технологія забезпечує зменшення обсіменіння підстилки ентеробактеріями на 1,1 $\log_{10}$, грибковими мікроорганізмами в 2 – 5 разів, в тому числі на поверхні підстилки [7, 8].

Мікроклімат у пташнику, благополуччя та зоотехнічні показники курчат-бройлерів при їх вирощуванні на багатократно використовуваній підстилці вивчалися в кількох дослідженнях.

Modini з співав. (2010) спостерігали, при цьому, збільшення вмісту пилу, а Coufal з співав. (2006) та Kyoung з співав. (2017) збільшення емісії аміаку порівняно з однократно використовуваною підстилкою. В той же час їх вміст в повітрі пташника не перевищував ГДК [9, 10, 11].

Oliveira з співав. (2015) не встановила істотних відмінностей за живою масою, конверсією корму та смертністю курчат в залежності від кратності використання підстилки [12]. Подібні результати отримав і Abougabal (2019) [13].

На противагу вищенаведеним результатам в дослідженнях, проведених в Австралії (Cressman, 2014), курчата-бройлери, вирощені на регенерованій підстилці, були важчими на 102 г, ніж на новій [14].

В значній мірі суперечливі результати було отримано при вивченні впливу типу підстилки, що використовувалася, на такі показники птиці, як стан пір'яного покриву, колінних суглобів, наявність дерматитів ніг, як на користь нової [15, 16], так і на користь регенерованої [17, 18, 19].

Таким чином, аналіз науково-технічної літератури свідчить, що використання регенерованої підстилки при вирощуванні курчат-бройлерів набуває все більшого поширення в окремих країнах розвиненого птахівництва. В той же час ефективність вирощування та утримання на регенерованій підстилці інших видів та виробничих груп птиці з більш тривалим виробничим циклом (молодняку та дорослих індиків, яєчних курей тощо) вивчена недостатньо. Виходячи з цього метою наших досліджень була оцінка мікроклімату у пташнику, добробуту та зоотехнічних показників ремонтного молодняку індиків при вирощуванні на регенерованій підстилці.

Матеріал та методи досліджень. Дослідження проводили в теплий період року (червень-жовтень) у пташнику-індичатнику експериментальної ферми Державної дослідної станції птахівництва НААН в двох ізольованих секціях розмірами 5х10 м, площею 50 м^2 кожна. В одній секції (контрольній) використовували свіжу підстилку (суміш соснової стружки та тирси), в іншій секції (дослідній) регенеровану з таких же матеріалів після одного циклу вирощування молодняку індиків. Регенерацію підстилки здійснювали за розробленою раніше технологією [7, 8]. Вихідна вологість нової підстилки складала 14,3%, регенерованої 25,6%. Кількість нової підстилки, яку настилали в розрахунку на 1 м^2 підлоги становила 18 кг (згідно ВНТП-АПК-04.05) [20], кількість регенерованої 32 кг. Більша кількість регенерованої підстилки була обумовлена тим, що до первісної кількості свіжої підстилки протягом попереднього циклу вирощування індиченят додавалася відповідна кількість пташиного посліду, залишків кормів тощо. В кожній секції було розміщено по 150 гол. індиченят (самок) лінії 5 кросу Харківський (порода біла широкогруда, середній тип) 6-тижневого віку за щільності посадки 3 гол./м^2, нормативних фронту годівлі та напування. Також в секціях підтримували нормативну температуру та повітрообмін [20]. Норми годівлі індиченят обох груп відповідали вимогам Рекомендацій з нормування годівлі сільськогосподарської птиці (2010 р.) [21] й були однаковими. Загальна тривалість експериментального періоду склала 14 тижнів. Впродовж періоду досліджень вивчали та визначали такі показники:

– вологість підстилки: один раз на два тижні по 5 зразків з кожної секції - згідно ГОСТ 26713-85;

- вміст шкідливих газів (аміаку, сірководню та вуглекислого газу) в повіт-

рі: за допомогою портативного 3-компонентного газоаналізатора Дозор С-М по 5 вимірів на рівні птиці в кожній секції в один і той же час;

- смертність птиці та причини загибелі – за даними щоденного обліку та розтину тушок;

- живу масу птиці: шляхом зважування не менш ніж 30 одних і тих же птахів один раз у два тижні на вагах електронних з точністю ± 1 г;

- витрати кормів по групах – шляхом щоденного обліку;

- конверсію корму – розрахунковим шляхом;

- стан оперення: оцінювали у всього поголів'я дослідної птиці в кінці експериментального періоду за бальною шкалою від 0 до 3, де 0 – означало дуже чисте, а 3- дуже брудне [18]

- частоту та тяжкість ураження стопи ніг підодерматитами: візуально у всього поголів'я дослідної птиці в кінці експериментального періоду за бальною шкалою від 0 до 4, де 0 балів – означало відсутність уражень, а 4 бали – ураження половини площі стопи [19];

- стан колінних (скакальних) суглобів: візуально у всього поголів'я дослідної птиці в кінці експериментального періоду за 3-ма категоріями, де категорія 01 буде означала відсутність уражень, 02 – уражено більш ніж 25 % площі скакального суглоба, 03 – уражено більше 50% площі скакального суглоба [22];

- якість (структуру) підстилки оцінювали візуально один раз за місяць за 4-бальною шкалою (від 0 до 3): 0 – суха та пухка; 1 - злегка волога, невеликий ступінь злежування; 2 – більш волога і злежана; 3- мокра, з високим ступенем злежування [23].

Статистичну обробку результатів досліджень виконували за використання прикладного програмного забезпечення для OS Windows - Microsoft Excel.

Результати досліджень. Як засвідчили результати досліджень, хоча первісна вологість регенерованої підстилки була більшою, ніж нової, відповідно 25,6% та 14,3%, впродовж експериментального періоду спостерігалося вирівнювання вологості підстилки в дослідній та контрольній групах (рис. 1), а в його кінці більшою була вже вологість нової підстилки, що можна пояснити більшою в 1,8 раза початковою кількістю регенерованої підстилки, завдяки чому вона мала більшу загальну вологовміщуючу здатність.

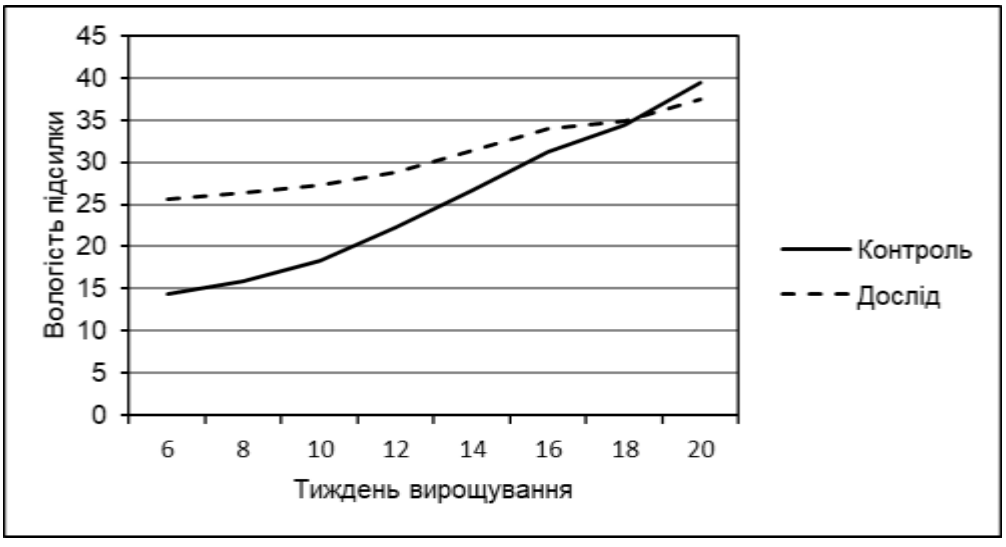


Рис. 1. Динаміка вологості нової та регенерованої підстилки при вирощуванні індиченят

Подібну тенденцію спостерігав також Taboosha [15] при вирощуванні курчат-бройлерів. І, якщо, з 6-го до 12-го тижнів вирощування різниця за вологістю підстилки між групами була істотною ($p<0,05$), то в подальшому вона була статистично невірогідною. В кінці експериментального періоду загальний стан підстилки в обох варіантах було оцінено в 2 бали (помірно волога і злежана). Протягом всього періоду вирощування вологість та стан підстилки в обох групах були в допустимих межах, передбачених ВНТП-АПК-04.05 [20].

Вміст аміаку та вуглекислого газу в повітрі дослідної та контрольної секцій по мірі зростання птиці і збільшення кількості підстилкового посліду збільшувався (рис. 2 та 3). Так, вміст аміаку в повітрі контрольної секції зріс з 1,2 мг/м^3 на початку дослідного періоду до 9,8 мг/м^3 в його кінці, в дослідній секції, відповідно, з 6,9 мг/м^3 до 10,6 мг/м^3. Це погоджується з даними, які отримали Coufal з співав. [10] та Kyoung з співав. [11]. Вміст вуглекислого газу зріс, відповідно, з 0,04% до 0,18% та 0,06% до 0,20%. Різниця між дослідною і контрольною групою за вмістом цим газів впродовж більшої частини експериментального періоду була статистично вірогідною ($p<0,05$). В той же час, в обох секціях вміст цих газів він був нижчим за гранично допустиму концентрацію (ГДК). В обох варіантах вміст сірководню в повітрі не фіксувався.

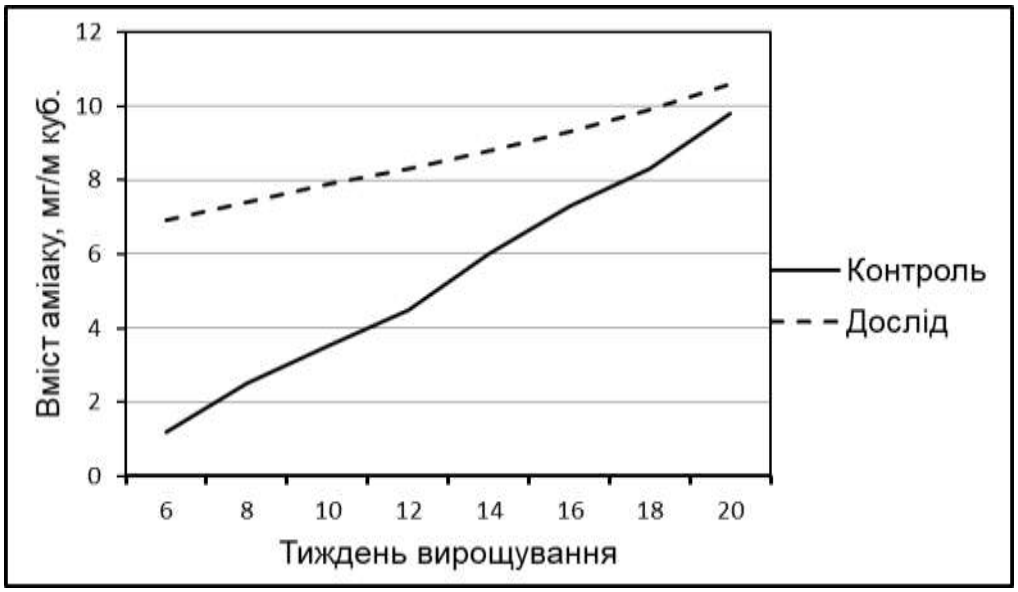


Рис. 2. Динаміка вмісту аміаку в повітрі приміщень для вирощування молодняку індиків за використання нової і регенерованої підстилки

Не спостерігалося істотних відмінностей між групами індиченят, що вирощувалися на новій та регенерованій підстилці, за такими показниками, які свідчать про благополуччя птиці, як стан пір'яного покриву, колінних суглобів та підошов лап (табл. 1). В обох випадках ступінь забруднення пір'яного покриву, ураження колінних суглобів та підошов лап була невеликою й такою, що не мала негативних наслідків для птиці. Невелика ступінь ураження колінних суглобів та підошов лап індиченят дерматитами, на противагу курчатам бройлерам [15, 17, 18], вірогідно пояснюється їх більш міцною конституцією, що також погоджується з відомими даними [19].

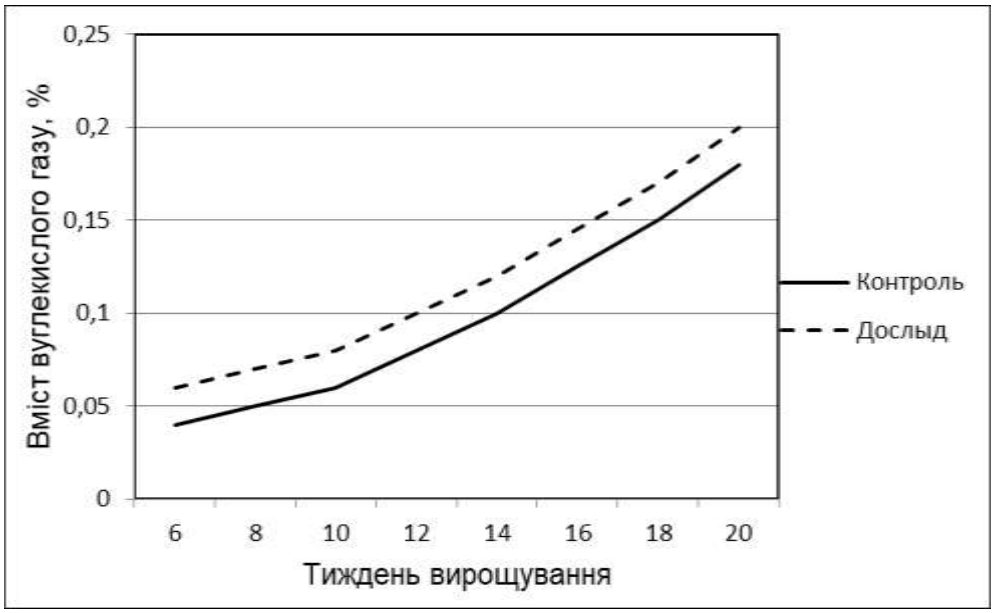


Рис. 3. Динаміка вмісту вуглекислого газу в повітрі приміщень для вирощування молодняку індиків за використання нової і регенерованої підстилки

Таблиця 1

Стан оперення, частота та ступінь ураження скакальних суглобів і підошов лап підодерматитами за вирощування молодняку індиків на новій і регенерованій підсилці

Показники	Контроль (нова підстилка)	Дослід (регенерована підстилка)
Кількість оцінених птахів	144	143
Оцінка ступеня забруднення пір'яного покриву, балів	1 (невелика ступінь забруднення)	1 (невелика ступінь забруднення)
Кількість птахів з ураженнями колінних суглобів, гол.	6	4
Частота ураження колінних суглобів в індичок, %	4,2	2,8
Ступінь ураження колінних суглобів у птиці, балів	01	01
Кількість птахів з ураженнями стопи ніг	9	11
Частота проявів підодерматитів, %	6,3	7,7
Оцінка ступеня ураження стопи ніг підодерматитом, балів	1	1

Також не було відмічено статистично вірогідних відмінностей між групами індиченят, що вирощувалися на новій та регенерованій підстилці за основними зоотехнічними показниками вирощування (табл. 2).

Таблиця 2

Основні зоотехнічні показники молодняку індиченят при вирощуванні на новій і регенерованій підстилці

Показники	Контроль (нова підстилка)	Дослід (регенерована підстилка)
Тривалість досліду, тижнів	14	14
Початкова кількість індиченят, гол.	150	150
Кількість вирощених до 20-тижневого віку індичат, гол.	144	143
Збереженість, %	96,0	95,3
Середня жива маса 1 гол. на початку досліду (в 6-тижневому віці), г	1827±43,8	1839±38,4
Середня жива маса 1 гол. на кінець досліду (в 20-тижневому віці), кг	7143±51,2	7191±47,3
Приріст живої маси, кг	5,316	5,352
Споживання корму за період вирощування, кг/гол.	26,9	26,4
Витрати кормів в розрахунку на 1 кг приросту живої маси, кг	5,06	4,93

В обох варіантах причини загибелі птиці не були пов'язані з якістю підстилки. Середня жива маса індиченят в обох групах відповідала нормативним показникам для ремонтного молодняку кросу Харківський, як за динамікою протягом періоду вирощування, так і за фінальною живою масою в кінці експериментального періоду. За питомими витратами корму в розрахунку на 1 кг приросту живої маси деяку перевагу (2,6%) мала група індиченят, яку вирощували на регенерованій підстилці. Таку ж тенденцію при вирощуванні курчат-бройлерів спостерігали Coufal з співав. [10]. Автори цього дослідження пояснюють цей факт тим, що птиця споживала певну кількість поживних речовин з підстилки, а їх набагато більше в регенерованій підстилці. Вірогідно, це ж саме відбувалося і при вирощуванні молодняку індиків. Однак підтвердження цього факту вимагає додаткових досліджень. Планується також проведення додаткових досліджень з метою вивчення економічної ефективності різних способів регенерації підстилки та її багатократного використання.

Висновки:

1. Встановлено, що в кінці періоду вирощування загальний стан нової та регенерованої підстилки при оцінці за критеріями - вологість, сипучість та злежуваність не мав істотних відмінностей. Вологість регенерованої підстилки при вирощуванні молодняку індиків з 6-и до 12-тижневого віку була більшою на 11,3-6,6% ніж нової. Однак при подальшому вирощуванні з 12-и до 20-тижневого віку різниця за їх вологістю ставала не вірогідною.

2. При вирощуванні молодняку індиків з 6-и до 20-тижневого віку на регенерованій підстилці спостерігалося статистично вірогідне ($p<0,05$) збільшення в 5,8-1,1 раза вмісту аміаку та в 1,5-1,1 раза вуглекислого газу в повітрі пташника порівняно з їх вирощуванням на новій підстилці. В той же час в жоден з періодів вирощування загальна їх концентрація в повітрі не перевищувала гранично допустиму.

3. Вирощування молодняку індиків на регенерованій підстилці не впливало негативно на досліджувані показники благополуччя птиці та зоотехнічні показники вирощування.

Бібліографічний список

1. Мельник В. О. Багаторазова підстилка. *Наше птахівництво.* 2020. № 5. С. 34-36.

2. Bernal M. P., Albuquerque J. A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity: A review. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100. Is. 22. P. 5444–5453. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027.

3. Bucher M.G., Zwirzitz B., Oladeinde A. [et al.]. Reused poultry litter microbiome with competitive exclusion potential against Salmonella Heidelberg. Journal of Environmental Quality. 2020. №.1. P. 869 – 881. https://doi.org/10.1002/jeq2.20081.

4. Ro K. S., Preston K. T., Seiden S., Bergs M. Remediation composting process principles:focus on soils contaminated with explosive compounds. Critical. Reviews in *Environ. Sci. Technol.* 1998. Vol. 28. Is. 3. P. 253 – 282. https://doi.org/10.1080/10643389891254223.

5. Erickson M. C., Liao J., Boyhan G., Smith C., Ma L., Jiang X., Doyle M. Fate of manure-borne pathogen surrogates in static composting piles of chicken litter and peanut hulls. *Bioresour. Technol.* 2010. Vol. 101. Is. 3. P. 1014–1020. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.105.

6. USDA-APHIS. Mortality composting protocol for avian influenza infected flocks. *USDA Animal and Plant Health Inspection Service.* 2016. https://www.aphis.usda.gov/animal_health/emergency_management/downloads/hpai/mortalitycompostingprotocol.pdf (accessed 15 Novem. 2022).

7. Рябініна О. В., Мельник В. О. Вдосконалення способів регенерації підстилки для повторного використання. *Вісник аграрної науки*. 2022. №1(826). С. 64–71. https://doi.org/https://doi.org/10.31 073/agrovisnyk202201-09.

8. Мельник В. О., Рябініна О. В., Комар Т. В. Вплив різних способів регенерації використаної підстилки для індиків на кінетику процесу її біотермічної обробки та мікробне обсіменіння. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН.* Харків. 2021. № 126. С. 79-89. https://doi.org/10.32900/2312-8402-2021-126-79-89.

9. Modini R. L., Agranovski V., Meyer N. K., Gallagher E., Dunlop M., Ristovski Z. Dust emissions from a tunnel-ventilated broiler poultry shed with fresh and partially reused litter. *Animal Production Science*. 2010. Vol. 50. Is. 5-6. P. 552–556. https://doi.org/10.1071/AN09207.

10. Coufal C. D., Chavez C., Niemeyer P. R., Carey J. B. Effects of top-dressing recycled broiler litter on litter production, litter characteristics, and nitrogen mass balance. *Poultry Science*. 2006. Vol. 85. P. 392–397. https://doi.org/10.1093/ps/85.3.392.

11. *Kyoung S. R.*, Szogi A. A., Moore P., Millner P. Ammonia and Nitrous Oxide Emissions from Broiler Houses with Downtime Windrowed Litter. *Journal of Environmental Quality.* 2017. Vol. 46(3). P. 498–504. https://doi.org/10.2134/jeq2016.09.0368.

12. Oliveira M., Gonçalves B., Pádua G. Treatment of poultry litter does not improve performance or carcass lesions in broilers. *Rev Colom Cienc Pecua*. 2015. Vol.28 (4). P. 31–34. https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v28n4a05.

13. Abougabal M. Sh. Possbility of broler production on reused litter. *Egypt. Poult. Sci.* 2019. Vol. (39)(II). P. 405–421. https://doi.org/10.21608/epsj.2019.35039.

14. *Cressman M. D.* Effects of Litter Reuse on Performance, Welfare, and the Microbiome of the Litter and Gastrointestinal Tract of Commercial Broiler chickens. *Dissertation: The Ohio State University*. 2014. 182 с.

15. Taboosha M. F. Effect of reusing litter on productive performance, carcass characteristics and behavior of broiler chickens *Int. J. Env.* 2017. Vol. 6. P. 61–69. ISSN: 2077-4508

16. Garcés-Gudiño J., Merino-Guzmán R., Cevallos-Gordón A. L. Litter reuse reduces *Eimeriaspp*oocyst counts and improves the performance in broiler chickens reared in a tropical zone in Ecuador. *Europ. Poult. Sci.* 2018. Vol. 82. P. 1–9. https://doi.org/10.1399/eps.2018.220.

17. Traldi A. B., Oliveira M. C., Duarte K. F., Moraes V. M. Evaluation of probiotics in the diet of broiler chickens reared in a new or reused bed. *Braz. J. of Anim. Sci.* 2007. Vol. 36(3). P. 660–665. https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000300020.

18. De Jong I. C., Moya T. P., Gunnink H., Heuvel H., Hindle V. A., Mul M., Reenen K. Simplifying the welfare quality assessment protocol for broilers. Report *Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, Netherlands*. 2011. №. 533. 74 P.

19. Hocking P., Mayne R., Else R., French N.A. Standard European footpad dermatitis scoring system for use in turkey processing plants. *Worlds Poult. Sci. J.* 2008. Vol. 64. P. 323–328. https://doi.org/10.1017/S0043933908000068.

20. Підприємтва птахівництва (ВНТП-АПК-04.05) [Чинні з 2006-01-01]. К. : Мінагрополітики України. 2005. 90 с.

21. Рекомендації з нормування годівлі сільськогосподарської птиці: під редакцією Ю. А. Рябоконя. Бірки. 2010. 102 с.

22. Bignon L., Mika A., Dupin M. [et al.] Use fiber in feed and wheat crop residues as litter to improve broiler welfare/ *Actes des 11emes Journees de la Recherche Avicole et Palmipedes a Foie Gras. Tours. France.*2015. P. 887–892.

23. Kheravii S. K., Swick R. A., Choct M., Wu S.-B. Potential of pelleted wheat straw as an alternative bedding material for broilers. *Poultry Science.* 2017.Vol. 96(6). P. 1641–1647. https://doi.org/10.3382/ps/pew473.

References

1. Melnyk, V. O. (2020). Bahatorazova pidstylka [Reusable litter]. *Nashe ptakhivnytstvo*. 5. 34-36. [In Ukrainian].

2. Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity: A review. *Bioresource Technology.* 100(22). 5444–5453. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027.

3. Bucher, M. G., Zwirzitz, B., Oladeinde, A. & et al. (2020). Reused poultry litter microbiome with competitive exclusion potential against Salmonella Heidelberg. Journal of Environmental Quality. 1. 869–881. https://doi.org/10.1002/jeq2.20081.

4. Ro, K. S., Preston, K. T., Seiden, S., & Bergs, M. (1998). Remediation composting process principles:focus on soils contaminated with explosive compounds. Critical. Reviews in *Environ. Sci. Technol.* 28(3). 253–282. https://doi.org/10.1080/10643389891254223.

5. Erickson, M. C., Liao, J., Boyhan, G., Smith C., Ma, L., Jiang, X., & Doyle, M. (2010). Fate of manure-borne pathogen surrogates in static composting piles

of chicken litter and peanut hulls. *Bioresour. Technol.* 101(3). 1014–1020. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.105.

6. USDA-APHIS. (2016). Mortality composting protocol for avian influenza infected flocks. *USDA Animal and Plant Health Inspection Service.* https://www.aphis.usda.gov/animal_health/emergency_management/downloads/hpai/mortalitycompostingprotocol.pdf (accessed 15 Novem. 2022).

7. Ryabinina, O. V., & Melnyk, V. O. (2022). Vdoskonalennya sposobiv reheneratsiyi pidstylky dlya povtornoho vykorystannya [Improvement of litter regeneration methods for reuse]. *Visnyk ahrarnoyi nauky*. 1(826). 64-71. https://doi.org/10.31 073/agrovisnyk202201-09 [In Ukrainian].

8. Melnyk, V. O., Ryabinina, O. V., & Komar, T. V. (2021). Vplyv riznykh sposobiv reheneratsiyi vykorystanoyi pidstylky dlya indykiv na kinetyku protsesu yiyi biotermichnoyi obrobky ta mikrobne obsimeninnya [The influence of different methods of regeneration of used bedding for turkeys on the kinetics of its biothermal treatment process and microbial insemination]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN – Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine.* Kharkiv, № 126. 79-89. https://doi.org/10.32900/2312-8402-2021-126-79-89 [In Ukrainian].

9. Modini, R. L., Agranovski, V., Meyer, N. K., Gallagher, E., Dunlop, M., & Ristovski, Z. (2010). Dust emissions from a tunnel-ventilated broiler poultry shed with fresh and partially reused litter. *Animal Production Science*. 50. 5-6. 552–556. https://doi.org/10.1071/AN09207.

10. Coufal, C. D., Chavez, C., Niemeyer, P. R., & Carey, J. B. (2006). Effects of top-dressing recycled broiler litter on litter production, litter characteristics, and nitrogen mass balance. *Poultry Science*. 85. 392–397. https://doi.org/10.1093/ps/85.3.392.

11. Kyoung, S. R., Szogi, A. A., Moore, P., & Millner, P. (2017). Ammonia and Nitrous Oxide Emissions from Broiler Houses with Downtime Windrowed Litter. *Journal of Environmental Quality.* 46(3). 498–504. https://doi.org/10.2134/jeq2016.09.0368.

12. Oliveira, M., Gonçalves, B., & Pádua, G. (2015). Treatment of poultry litter does not improve performance or carcass lesions in broilers. *Rev Colom Cienc Pecua*. 28 (4). 31–34. https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v28n4a05.

13. Abougabal, M. Sh. (2019). Possbility of broler production on reused litter. *Egypt. Poult. Sci.* 39(II). 405 – 421. https://doi.org/10.21608/epsj.2019.35039.

14. Cressman, M. D. (2014). Effects of Litter Reuse on Performance, Welfare, and the Microbiome of the Litter and Gastrointestinal Tract of Commercial Broiler chickens. *Dissertation: The Ohio State University*. 182.

15. Taboosha, M. F. (2017). Effect of reusing litter on productive performance, carcass characteristics and behavior of broiler chickens *Int. J. Env.* 6. 61–69

16. Garcés-Gudiño, J., Merino-Guzmán, R., & Cevallos-Gordón, A. L. (2018). Litter reuse reduces *Eimeriaspp*oocyst counts and improves the performance in broiler chickens reared in a tropical zone in Ecuador. *Europ. Poult. Sci.* 82. 1–9. https://doi.org/10.1399/eps.2018.220.

17. Traldi, A. B., Oliveira, M. C., Duarte, K. F., & Moraes, V. M. (2007). Evaluation of probiotics in the diet of broiler chickens reared in a new or reused bed.. *Braz. J. of Anim. Sci.* 36(3). 660–665. https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000300020.

18. De Jong, I. C., Moya, T. P., Gunnink, H., Heuvel, H., Hindle, V. A., Mul, M., & Reenen, K. (2011). Simplifying the welfare quality assessment protocol for

broilers. Report. *Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, Netherlands*. 2011. 533. 74.

19. Hocking, P., Mayne, R., Else, R., & French, N. A. (2008). Standard European footpad dermatitis scoring system for use in turkey processing plants. *Worlds Poult. Sci. J.* 64. 323–328. https://doi.org/10.1017/S0043933908000068.

20. Pidpryyemstva ptakhivnytstva [Poultry enterprises] (VNTP-APK-04.05) [Chynni z 2006-01-01]. kyyiv : Minahropolityky Ukrayiny [In Ukrainian].

21. Riabokon Yu.O. (Edd.) (2010). *Rekomendatsiyi z normuvannya hodivli silskohospodarskoyi ptytsi* [Recommendations on rationing of poultry feeding] Borky. 102 [In Ukrainian].

22. Bignon, L., Mika, A., Dupin, M. & et al. (2015). Use fiber in feed and wheat crop residues as litter to improve broiler welfare / *Actes des 11emes Journees de la Recherche Avicole et Palmipedes a Foie Gras. Tours. France.* P. 887 – 892.

23. Kheravii, S. K., Swick, R. A., Choct, M., & Wu, S. B. (2017). Potential of pelleted wheat straw as an alternative bedding material for broilers. *Poultry Science.* 96(6). 1641–1647. https://doi.org/10.3382/ps/pew473.

STUDY OF THE POSSIBILITY REARING OF REPLACEMENT YOUNG TURKEYS ON REGENERATED LITTER

Melnyk V. O., Ryabinina O. V., State poultry research station NAAS of Ukraine.

Komar T. V., Institute of Animal Science NAAS.

One of the problems of modern poultry farming is the shortage of litter materials. In this regard, the practice of litter regeneration and its repeated use is becoming more and more widespread. Regenerated litter with proper disinfection is safe for the bird and does not negatively affect its growth index as evidenced by research on broiler chickens. At the same time, it has not been studied enough the possibility of using regenerated litter in the rearing and housing of other species and production groups of poultry with a technological cycle much longer than that of broiler chickens. Based on this, the goal of our research was to evaluate the microclimate in the poultry house, welfare and zootechnical indicators replacement young turkeys when reared on regenerated litter. There were formed two groups of turkey poults (females) of line 5 of the domestic cross Kharkiv, each with 150 heads in each group, one of which from 6 to 20 weeks of age was grown on a new litter (pine shavings), the other (experimental) on regenerated litter based on the same material. Litter regeneration was performed according to the previously developed technology. The remaining conditions for growing turkey poults of both groups met the regulatory requirements and were similar. It was established that from the 6th to the 12th week of rearing the moisture content of regenerated litter was 11.3-6.6% higher than of new litter ($p<0.05$). However, during further rearing, the difference in their moisture content became insignificant. At the end of the rearing period, the general condition of the litter in both variants had no significant differences according to the criteria of moisture, flowability, and clumping. Rearing young turkeys on regenerated litter there was observed an increase of 5.8-1.1 times ($p<0.05$) in the content of ammonia and 1.5-1.1 times ($p<0.05$) of carbon dioxide in the air of the house, compared to growing them on new litter. At the same time, their total concentration in the air did not exceed the maximum permissible during any of the rearing periods. Growing young turkeys on regenerated litter did not negatively affect the state of plumage, soles of paws and knee joints of young turkey, as well as their zootechnical indicators.

Keywords: poultry rearing, young breeder turkeys, litter, regeneration, microclimate, poultry welfare, zootechnical indicators.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-162-172
УДК 638.2

РІВЕНЬ ГЕТЕРОЗИСУ ТА СТУПІНЬ ФЕНОТИПОВОГО ДОМІНУВАННЯ ОСНОВНИХ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК У ГІБРИДІВ F_1 ШОВКОВИЧНОГО ШОВКОПРЯДА (*BOMBYX MORI* L.)

Панченко О. М., к. с.-г. н., https://orcid.org/0000-0001-9580-2839
Інститут тваринництва НААН
Маркіна Т. Ю., д. б. н., професор, https://orcid.org/0000-0002-6313-9814
Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди

Представлено результати досліджень рівня гетерозису (гіпотетичного та істинного) і ступеня фенотипового домінування основних господарсько-цінних ознак у гібридів шовковичного шовкопряда Bombyx Mori L. першого покоління. Схрещування проводили за повною діалельною схемою, яка включала 16 варіантів (12 гібридів та 4 батьківські форми) по 50 мг у триразовій повторності.

Вивчено типи успадкування та рівень гетерозису основних господарсько-цінних ознак у гібридів F_1 шовковичного шовкопряда. Виявлено, що між лініями Г2, Г4, Г6 та Г7 шовковичного шовкопряда успадкування за ознаками життєздатність гусениць, середня маса кокону та шовконосність самців переважно позитивне наддомінування, а за шовконосністю самок – депресія (негативне наддомінування).

Визначення ефекту гетерозису та ступеня фенотипового домінування дозволило виявити 7 кращих комбінацій за життєздатністю гусениць порівняно з батьківськими формами, серед них найкращими були гібриди Г2×Г6 та Г6×Г2 з найвищим ступенем фенотипового домінування (позитивне наддомінування) – 7,8 та 9,0, при цьому гіпотетичний гетерозис становив 11,0 % та 12,7 %, істинний гетерозис – 9,4 % та 11,1 % відповідно.

За масою кокону з 12 гібридних комбінацій ефект гетерозису (позитивне наддомінування) виявлено у 8 гібридів, часткове позитивне успадкування – у 3, та проміжний тип домінування – у 1.

За шовконосністю самок найвищим рівнем гіпотетичного та істинного гетерозису відзначилися гібриди Г6×Г4 (Ht=9,00 %, Hbt=8,30 %) та Г6×Г7 (Ht=1,68 %, Hbt=1,43 %), успадкування яких ішло за типом позитивного наддомінування (13,92 та 6,80 відповідно), а у 5 комбінаціях спостерігалася гібридна депресія, у 3 – проміжне успадкування та по одному - часткове позитивне та негативне домінування.

За шовконосністю самців у 9 гібридів успадкування ішло за типом позитивного наддомінування.

Напрацювання високоякісного біоматеріалу шовковичного шовкопряда сприяє розширенню можливостей його використання у різних сферах життєдіяльності людини.

Ключові слова: **шовковичний шовкопряд *Bombyx mori L.*, селекція, гетерозис, тип успадкування, гібриди, життєздатність, продуктивність.**

У світовій практиці використання шовковичного шовкопряда *Bombyx mori L.* не обмежується одним шовківництвом, метою якого є отримання натурального шовку, а охоплює різноманітні аспекти життєдіяльності людини. Наряду з

традиційним використанням натурального шовку в легкій та фармакологічній промисловостях, авіації, медицині, в радіо- та електротехніці, млиновому виробництві, фото- і кінематографії, останнім часом стрімко зростає і всебічне використання самих комах. Їх все частіше розглядають як цінний кормовий ресурс для тварин і людини [1, 2], як біоіндикатор стану навколишнього середовища у природоохоронній сфері [3, 4], як біологічний об'єкт в лабораторних дослідженнях [5, 5]. Лялечок шовковичного шовкопряда використовують для отримання їстівної олії для харчової промисловості та тваринництва [7].

Хітин та хітозан, виділений з лялечок шовковичного шовкопряда набуває все більшого практичного застосування в медицині, сільському господарстві, косметології і харчовій промисловості [8]. Розроблено методику отримання високоочищеного хітозану високої якості з *Bombyx mori* [9]. Хітозан є природним біостимулятором, який використовується при лікуванні термічних опіків [10]. Вивчена фунгіцидна активність хітозану і його наноструктурованих систем з міддю, які активно пригнічують ріст і розвиток фітопатогенних грибів [11]. Хітозан як природний матеріал цінний також тим, що його корисні властивості посилюються в поєднанні з іншими біокомпонентами [12]. Розширення знань про хітозан, як природній полімер, ставить перед науковцями завдання напрацювання високоякісного біоматеріалу комах.

У зв'язку з вищевказаним набуває актуальності селекційна робота з існуючими в Україні породами та лініями шовковичного шовкопряда. На сьогодні колекція шовковичного шовкопряда *Bombyx Mori* L. має статус Національного надбання України та налічує близько 120 порід, з яких 20 є компонентами районованих гібридів. Це своєрідна база для селекційних програм, в яких проводиться добір як за важливими господарсько-цінними ознаками (життєздатність гусениць, урожай коконів, шовконосність, маса коконів тощо), так і ефективністю гетерозису [13].

Застосування до шовковичного шовкопряда всіх способів штучного розмноження (амейотичного та мейотичного партеногенезу, гіногенезу, андрогенезу, поліплоїдії) з різними цитогенетичними механізмами та методами регуляції статі дозволяє в широких межах керувати успадкуванням ознак у популяції, що особливо ефективно при комбінованому використанні штучних способів розмноження (при гібридизації партеногенетичних клонів та детермінованих по статі порід тутового шовкопряда) [14]. Гібридизація для промисловості має першочергове значення, оскільки шовковичний шовкопряд використовується в промисловому шовківництві всього світу тільки в якості гібридів першого покоління для отримання максимального ефекту гетерозису [15].

Мета досліджень – визначення закономірності прояву гетерозису та ступеню фенотипового домінування F_1 шовковичного шовкопряда *Bombyx Mori* L. за основними господарсько-цінними ознаками: життєздатність гусениць, середня маса кокона та шовконосність самок та самців.

Матеріали та методи досліджень. Експериментальну частину роботи проводили в Інституті шовківництва УААН (нині відділ шовківництва та технічної ентомології Національного наукового центру „Інститут експериментальної та клінічної ветеринарної медицини", м. Харків). Об'єкти дослідження – нові лінії шовковичного шовкопряда *Bombyx Mori* L. Г2, Г4, Г6 та Г7.

Схрещування проводили за повною діалельною схемою, яка включала 16 варіантів по 50 мг у триразовій повторності. Система діалельних схрещувань дає найбільш повну генетичну інформацію щодо властивостей і ознак сільськогосподарських культур [16, 17].

Облік показників проводили за загальноприйнятими у шовківництві методиками [16, 18].

Вивчення основних показників проводили за допомогою комп'ютерних програми для статистичної обробки даних - MS Excel 2016 та Statistica 6.0.

Прояв гетерозису визначали за наступними формулами [19, 20]:

$$Ht\ (\%) = (F_1 - MP)/MP \times 100, \quad (1)$$

$$Hbt\ (\%) = (F_1 - BP)/BP \times 100, \quad (2)$$

де F_1 – середнє арифметичне значення ознаки гібрида;
Ht – гіпотетичний гетерозис;
Hbt –істинний гетерозис;
MP – середнє арифметичне значення показника обох батьківських форм;
BP – найвищий прояв ознаки одного з батьків.

Ступінь фенотипового домінування у гібридних комбінаціях визначали за формулою [21]:

$$hp = (F_1 - MP)/(BP - MP), \quad (3)$$

Групування отриманих даних проводили за класифікацією (таб. 1) [22].

Таблиця 1

Класифікація фенотипового домінування ознак

Клас домінування	Числове значення hp
Гетерозис (наддомінування)	hp > +1
Часткове позитивне домінування	+0,5 < hp ≤ +1
Проміжне успадкування	-0,5 ≤ hp ≤ 0,5
Часткове від'ємне успадкування	-1≤ hp < -0,5
Депресія	hp < -1

Гіпотетичний гетерозис (Ht) вказує на перевищення прояву кількісної ознаки у гібрида F_1 над середнім значенням батьківських компонентів. Разом з тим істинний гетерозис (Hbt) дає змогу розрахувати прояв ознаки у F_1, порівняно з кращою батьківською формою й оцінити селекційну цінність гібрида. Цей метод оцінки гібридів широко застосовується в рослинництві [23-25], а в шовківництві його слід використовувати в комплексі з іншими критеріями, оскільки при гібридизації шовковичного шовкопряда материнська компонента більше впливає на нащадків.

Результати досліджень. В результаті проведення порівняльної характеристики високошовконосних високоінбредних ліній шовковичного шовкопряда Г2, Г4, Г6 та Г7 за показниками життєздатності та продуктивності за сукупністю біологічних та технологічних показників були виділені як найкращі лінії Г6 та Г7 [26].

Хоча шовковичний шовкопряд відноситься до комах з повним циклом перетворення, тобто проходить 4 стадії розвитку (яйце (грена), гусениця, лялечка (кокон), імаго (доросла комаха)), життєздатність порід в їх характеристиці представлена як життєздатність на стадії гусениці. Тому питанню підвищення життєздатності гусениць приділяється значна увага як вітчизняних , так і зарубіжних авторів [5, 27].

Визначення ефекту гетерозису та ступеня фенотипового домінування дозволило виявити 7 кращих комбінацій за життєздатністю гусениць порівняно з батьківськими формами (табл. 2). Серед них слід виділити гібриди Г2×Г6 та Г6×Г2 з найвищим ступенем фенотипового домінування (наддомінування) – 7,8 та 9,0, при цьому гіпотетичний гетерозис становив 11,0 % та 12,7 %, істинний гетерозис – 9,4 % та 11,1 % відповідно. Слід відмітити, що найвищий гіпотетичний гетерозис виявили у гібридів Г6×Г7 та Г2×Г7 – 25,8 % та 21,0 %, але їх істинний гетерозис значно поступався та становив 15,7 % та 12,7 % при ступені фенотипового домінування 2,9, однаковому для обох гібридів.

У цілому з 12 гібридних комбінацій ефект гетерозису (позитивне наддомінування) за життєздатністю гусениць виявлено у 7 гібридів, часткове позитивне успадкування – у 2, депресія – у 3.

Таблиця 2

Ефект гетерозису та ступінь фенотипового домінування за життєздатністю гусениць в F_1 шовковичного шовкопряда

Гібрид	Життєздатність гусениць, %			Ht (%)	Hbt (%)	hp
	P_1	P_2	F_1			
Г2×Г4	70,1	74,5	70,1	-3,0	-5,9	-1,0
Г2×Г6	70,1	72,1	78,9	11,0	9,4	7,8
Г2×Г7	70,1	60,5	79,0	21,0	12,7	2,9
Г4×Г2	74,5	70,1	71,0	-1,8	-4,7	-0,6
Г4×Г6	74,5	72,1	65,5	-10,6	-12,1	-6,5
Г4×Г7	74,5	60,5	73,0	8,1	-2,0	0,8
Г6×Г2	72,1	70,1	80,1	12,7	11,1	9,0
Г6×Г4	72,1	74,5	79,9	9,0	7,2	5,5
Г6×Г7	72,1	60,5	83,4	25,8	15,7	2,9
Г7×Г2	60,5	70,1	72,3	10,7	3,1	1,5
Г7×Г4	60,5	74,5	73,1	8,3	-1,9	0,8
Г7×Г6	60,5	72,1	78,2	17,9	8,5	2,1

Примітка. P_1 – материнська форма, P_2 – батьківська форма, F_1 – гібрид, Ht – гіпотетичний гетерозис, Hbt – істинний гетерозис, hp – ступінь фенотипового домінування.

Вивчення 12 гібридних комбінацій та їх батьківських форм за масою кокону (таб. 3) виявило різні типи успадкування між лініями Г2, Г4, Г6 та Г7. Наддомінування спостерігалося у 8 гібридів, часткове позитивне успадкування – у 3, та проміжний тип домінування – у 1. Слід відмітити відсутність депресії та частково негативного домінування. За показниками гіпотетичного та справжнього гетерозису найкращими були комбінації Г2×Г6, Г2×Г7, Г4×Г7, Г6×Г4, Г7×Г2 та Г7×Г6.

Таблиця 3

Ефект гетерозису та ступінь фенотипового домінування за середньою масою кокона в F_1 шовковичного шовкопряда

Гібрид	Середня маса кокона, г			Ht (%)	Hbt (%)	hp
	P_1	P_2	F_1			
Г2×Г4	1,67	1,83	1,81	3,43	-1,09	0,75
Г2×Г6	1,67	1,89	1,92	7,87	1,59	1,27
Г2×Г7	1,67	1,77	1,85	7,56	4,52	2,60
Г4×Г2	1,83	1,67	1,77	1,14	-3,28	0,25
Г4×Г6	1,83	1,89	1,9	2,15	0,53	1,33
Г4×Г7	1,83	1,77	1,96	8,89	7,10	5,33
Г6×Г2	1,89	1,67	1,88	5,62	-0,53	0,91
Г6×Г4	1,89	1,83	1,95	4,84	3,17	3,00
Г6×Г7	1,89	1,77	1,88	2,73	-0,53	0,83
Г7×Г2	1,77	1,67	1,82	5,81	2,82	2,00
Г7×Г4	1,77	1,83	1,87	3,89	2,19	2,33
Г7×Г6	1,77	1,89	1,99	8,74	5,29	2,67

Примітка. P_1 – материнська форма, P_2 – батьківська форма, F_1 – гібрид, Ht – гіпотетичний гетерозис, Hbt – істинний гетерозис, hp – ступінь фенотипового домінування.

За шовконосністю самок (табл. 4) найвищим рівнем гіпотетичного та істинного гетерозису відзначилися гібриди Г6×Г4 (Ht=9,00 %, Hbt=8,30 %) та Г6×Г7 (Ht=1,68 %, Hbt=1,43 %), успадкування яких ішло за типом позитивного наддомінування (13,92 та 6,80 відповідно). У 5 комбінаціях спостерігалася гібридна депресія, у 3 – проміжне успадкування та по одному - часткове позитивне та негативне домінування.

Таблиця 4

Ефект гетерозису та ступінь фенотипового домінування за шовконосністю самок в F_1 шовковичного шовкопряда

Гібрид	Шовконосність самок, %			Ht (%)	Hbt (%)	hp
	P_1	P_2	F_1			
Г2×Г4	20,75	19,97	20,36	0	-1,88	0
Г2×Г6	20,75	20,23	19,84	-3,17	-4,39	-2,50
Г2×Г7	20,75	20,13	20,42	-0,10	-1,59	-0,06
Г4×Г2	19,97	20,75	20,66	1,47	-0,43	0,77
Г4×Г6	19,97	20,23	20,00	-0,50	-1,14	-0,77
Г4×Г7	19,97	20,13	19,33	-3,59	-3,97	-9,00
Г6×Г2	20,23	20,75	20,23	-1,27	-2,51	-1,00
Г6×Г4	20,23	19,97	21,91	9,00	8,30	13,92
Г6×Г7	20,23	20,13	20,52	1,68	1,43	6,80
Г7×Г2	20,13	20,75	19,8	-3,13	-4,58	-2,06
Г7×Г4	20,13	19,97	20,03	-0,10	-0,50	-0,25
Г7×Г6	20,13	20,23	19,66	-2,58	-2,82	-10,40

Примітка. P_1 – материнська форма, P_2 – батьківська форма, F_1 – гібрид, Ht – гіпотетичний гетерозис, Hbt – істинний гетерозис, hp – ступінь фенотипового домінування.

Майже протилежні результати спостерігалися за шовконосністю самців (табл. 5) при вивченні ефекту гетерозису та ступеня фенотипового домінування. Так, у 9 комбінаціях успадкування ішло за типом позитивного наддомінування, у 1 –проміжне успадкування та у двох - часткове негативне домінування. Найвищим рівнем гіпотетичного та істинного гетерозису відзначилися гібриди Г6×Г4 (Ht=8,45 %, Hbt=6,19 %), Г6×Г7 (Ht=4,33 %, Hbt=3,99 %), як і за шовконосністю самок, а також Г7×Г6 (Ht=4,11 %, Hbt=3,78 %) та Г6×Г2 (Ht=7,42 %, Hbt=3,74 %)

Таблиця 5

Ефект гетерозису та ступінь фенотипового домінування за шовконосністю самців в F_1 шовковичного шовкопряда

Гібрид	Шовконосність самців, %			Ht (%)	Hbt (%)	hp
	P_1	P_2	F_1			
Г2×Г4	25,11	24,41	25,21	1,82	0,40	1,29
Г2×Г6	25,11	23,39	23,68	-2,35	-5,69	-0,66
Г2×Г7	25,11	23,54	25,32	4,09	0,84	1,27
Г4×Г2	24,41	25,11	25,71	3,84	2,39	2,71
Г4×Г6	24,41	23,39	24,53	2,64	2,64	1,24
Г4×Г7	24,41	23,54	23,98	0,02	-1,76	0,01
Г6×Г2	23,39	25,11	26,05	7,42	3,74	2,09
Г6×Г4	23,39	24,41	25,92	8,45	6,19	3,96
Г6×Г7	23,39	23,54	24,48	4,33	3,99	13,53
Г7×Г2	23,54	25,11	24,18	-0,60	-3,70	-0,18
Г7×Г4	23,54	24,41	24,49	2,15	0,33	1,18
Г7×Г6	23,54	23,39	24,43	4,11	3,78	12,87

Примітка. P_1 – материнська форма, P_2 – батьківська форма, F_1 – гібрид, Ht – гіпотетичний гетерозис, Hbt – істинний гетерозис, hp – ступінь фенотипового домінування.

Висновок. Вивчено типи успадкування та рівень гетерозису основних господарсько-цінних ознак у гібридів першого покоління шовковичного шовкопряда *Bombyx Mori* L. Виявлено, що між лініями Г2, Г4, Г6 та Г7 шовковичного шовкопряда успадкування за ознаками життєздатність гусениць, середня маса кокону та шовконосність самців переважно позитивне наддомінування, а за шовконосністю самок – депресія (негативне наддомінування). Установлено, що за життєздатністю найкращими були реципрокні гібриди Г2×Г6 та Г6×Г2, які мали і досить високі показники гіпотетичного та істинного гетерозису за ознакою середня маса кокону.

Бібліогафічний список

1. Евлагина Е. Г., Селионова М. И., Богословский В. В. Тутовый шелкопряд как корм для сельскохозяйственных животных. Инновационные агробиотехнологии в животноводстве и ветеринарной медицине : I Евразийская науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 17–20 нояб. 2015 г.). СПб., 2015. С. 132–135.

2. Raubenheimer D., Rothman J. M. Nutritional Ecology of Entomophagy in Humans and Other Primates. *Annu. Rev. Entomol.* 2013. Vol. 58. P. 141–160.

3. Злотін О. З., Маркіна Т. Ю. Біоіндикація стану природного середовища. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Харків : ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2014. 114 с.

4. Маркіна Т. Ю., Злотін О. З. Шовковичний шовкопряд як тест-об'єкт для біоіндикації забруднення довкілля. Матер. Міжнар. науков. конф. присвяченої 50-річчу функціонування високогірного біологічного стаціонару Пожижевська (23-27 вер. 2008 р.). Львів, 2008. С. 272–273.

5. Маркина Т. Ю. Гомеостатические свойства искусственных популяций насекомых и способы управления их состоянием : монография. Х. : Планета-Принт, 2019. 380 с.

6. Tazima Y., Doira H. The silkworm important labolatory tool. Tokyo. 1978. 247 p.

7. Ghosh A., Ray M., Gangopadhyay D. Evaluation of proximate composition and antioxidant properties in silk-industrial byproduct LWT. *Food Science and Technology,* 2020. Vol. 132. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109900

8. Рашидова С. Ш., Милушева Р. Ю. Хитин и хитозан *Bombyx mori*. Синтез, свойства и применение. Ташкент. 2009. 246 с.

9. Милушева Р. Ю., Пирниязов К. К., Рашидова С. Ш. Очистка хитозана Bombyx Mori. Вестник ТвГУ. Серия «Химия». 2016. № 2. С. 119-12

10. Шукуров И. Б., Шукурова В. И., Шукурова С. И., Сулейманов С. Ф. Исследование механизма действия хитозана при лечении термихеских ожогов. *Вісник проблем біології і медицини*, Полтава 2012. Вип. 1 (91), С. 191-193

11. Vokhidova N. R., Sattarov M. E., Kareva N. D., Rashidova S. Sh. Fungicide Features of the Nanosystems of Silkworm (Bombyx mori) Chitosan with Copper Ions. *Microbiology,* 2014, Vol. 83, №. 6, P. 751-753 https://doi.org/10.1134/S0026261714060204

12. Manni L., Ghorbel-Bellaaj O., Jellouli K., Younes I., Nasri M. Extraction and characterization of chitin, chitosan, and protein hydrolysates prepared from shrimp waste by treatment with crude protease from Bacillus cereus SV1. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2010. 162 345-357. https://doi.org/10.1007/s12010-009-8846-y

13. Литовченко А. М., Білоус О. В., Кудрявська Н. В. та ін. Програма селекції з породами та гібридами шовковичного шовкопряда на 2003-2010 роки. К. : Державний науково-виробничий концерн „Селекція". 2003. 36 с.

14. Ларькина Е. А., Акилов У. Х., Туйчиев Ж. Ш., Асронов Э. К., Солиева М. Б., Абдикаюмова Н. К. Использование способов управления размножением тутового шелкопряда (*Bombyx mori* L.) в практическом шелководстве. Аграрная наука. 2022. 1(7-8). 114-120. https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-114-120

15. Батирова А. Н., Умаров Ш. Р. Особенности получения межпородных и межлинейных гибридных комбинаций тутового шелкопряда. Аграрная наука. 2019. (7-8). 29-30. https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-330-7-29-30

16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) М. : Книга по Требованию. 2012. 352 с.

17. Рокицкий П. Ф. Введение в статистическую генетику. Минск : Вышэйшая школа, 1978. 448 с.

18. Злотин А. З. Техническая энтомология : справочное пособие К. : Наук. думка, 1989. 183 с.

19. Matzinger D. F., Mannand T. J., Cockerham C. C. Diallel cross in Nicotiana tabacum. *Crop Science.* 1962. 2, 238–286.

20. Fonseca S., Patterson F. L. Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*. 1968. 1, 85–88.

21. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics,* 1968. 35, 303–321.

22. Beil G. M., Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal,* 1965. 39, 3.

23. Заїка Є. В. Ефект гетерозису та успадкування господарсько цінних ознак у гібридів F_1 пшениці м'якої озимої в зоні Північного Лісостепу. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 5. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_5_19

24. Тромсюк В. Д., Бугайов В. Д. Рівень гетерозису та ступінь фенотипового домінування основних ознак продуктивності у F_1 тритикале озимого. *Вісник Сумського національного аграрного університету*, Серія «Агрономія і біологія», 2021. Вип. 1 (43), С. 49-54 https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.1.7

25. Федоренко І. В. Прояв основних кількісних ознак продуктивності гібридів F_1 пшениці м'якої ярої. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. Житомир, 2015. № 1 (47), т. 1. С. 269-275

26. Панченко О. М., Маркіна Т. Ю. Оцінка високошовконосних ліній шовковичного шовкопряда (Bombyx Mori L.) за життєздатністю та продуктивністю. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія ,,Тваринництво". Суми, 2020. Вип. 4 (43), С. 65–70. https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.10

27. Jeong W., Choi J., Baf K., Sunk H. Heterosis, inbreeding depression and combining ability of bave characters in silkworm by diallel crosses. *Research reports of Korea Technology Research Inst,* 1990. V. 2. P. 49–56

References

1. Evlagina, E. G., Selionova, M. I., & Bogoslovskij, V. V. (2015). Tutovyj shelkoprjad kak korm dlja sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh. *Innovacionnye agrobiotehnologii v zhivotnovodstve i veterinarnoj medicine : I Evrazijskaja nauchno-prakticheskaja konferencija* [Silkworm as feed for farm animals. Innovative agrobiotechnologies in animal husbandry and veterinary medicine : I Eurasian Scientific and Practical Conference] Sankt-Peterburg, 132–135 [in Russian].

2. Raubenheimer, D., Rothman, & J. M. (2013). Nutritional Ecology of Entomophagy in Humans and Other Primates. *Annu. Rev. Entomol.* 58. 141–160.

3. Zlotin, O. Z. & Markina, T. Yu., (2014). *Bioindykatsiia stanu pryrodnoho seredovyshcha.* [Bioindication of the state of the natural environment.] Navchalnyi posibnyk dlia studentiv vyshchykh navchalnykh zakladiv. Kharkiv : KhNPU imeni H.S. Skovorody, 114 [In Ukrainian].

4. Markina, T. Yu. & Zlotin, O. Z. (2008). Shovkovychnyi shovkopriad yak test-obiekt dlia bioindykatsii zabrudnennia dovkillia. *Materialy mizhnarodnoi naukovoi konferentsii, prysviachenoi 50-richchu funktsionuvannia vysokohirnoho biolohichnoho statsionaru Pozhyzhevska* [Silkworm as a test object for bioindication of environmental pollution. Materials of the international scientific conference dedicated to the 50th anniversary of the Pozhizhevsk high-altitude biological hospital] Lviv, 272–273 [In Ukrainian].

5. Markina, T. Yu. (2019). *Gomeostaticheskie svojstva iskusstvennyh populjacij nasekomyh i sposoby upravlenija ih sostojaniem :* monografija [Homeostatic properties of artificial insect populations and methods of controlling their state] Har'kov : Planeta-Print, 380. [in Russian].

6. Tazima, Y., & Doira, H. (1978). The silkworm important labolatory tool. Tokyo. 247 p.

7. Ghosh, A., Ray, M., & Gangopadhyay D. (2020). Evaluation of proximate composition and antioxidant properties in silk-industrial byproduct LWT. *Food Science and Technology* 132. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109900

8. Rashidova, S. Sh. & Milusheva, R. Ju. (2009). *Hitin i hitozan Bombyx mori. Sintez, svojstva i primenenie* [Chitin and chitosan Bombyx mori. Synthesis, properties and application] Tashkent, 246. [in Russian].

9. Milusheva, R. Ju., Pirnijazov, K. K. & Rashidova, S. Sh. (2016). Ochistka hitozana Bombyx Mori. [Purification of Bombyx Mori Chitosan] *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija «Himija».* 2. 119-124 [in Russian].

10. Shukurov, I. B., Shukurova, V. I., Shukurova, S. I., & Sulejmanov, S. F. (2012). Issledovanie mehanizma dejstvija hitozana pri lechenii termiheskih ozhogov [Study of the mechanism of action of chitosan in the treatment of thermal burns] *Visnyk problem biolohii i medytsyny.* Poltava. issue 1 (91). 191-193. [in Russian].

11. Vokhidova, N. R., Sattarov, M. E., Kareva, N. D. & Rashidova, S. Sh. (2014). Fungicide Features of the Nanosystems of Silkworm (*Bombyx mori*) Chitosan with Copper Ions. *Microbiology.* 83, 6. 751-753 https://doi.org/10.1134/S0026261714060204

12. Manni, L., Ghorbel-Bellaaj, O., Jellouli, K., Younes, I. & Nasri, M. (2010). Extraction and characterization of chitin, chitosan, and protein hydrolysates prepared from shrimp waste by treatment with crude protease from Bacillus cereus SV1. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 162:345-357. https://doi.org/10.1007/s12010-009-8846-y

13. Lytovchenko, A. M., Bilous, O. V., Kudriavska, N. V. (2003). *Prohrama selektsii z porodamy ta hibrydamy shovkovychnoho shovkopriada na 2003-2010 roky* [Breeding program with breeds and hybrids of mulberry silkworm for 2003-2010] Kyiv : Derzhavnyi naukovo-vyrobnychyi kontsern „Selektsiia". 36 [In Ukrainian].

14. Larkina, E. A., Akilov, U. K., Tuychiev, Z. S., Asronov, E. K., Solieva, M. B., & Abdikayumova, N. K. (2022). The use of methods for controlling the reproduction of the silkworm (*Bombyx mori* L.) in practical sericulture. *Agrarian science.* 1(7-8). 114-120. https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-114-120 [in Russian].

15. Batirova, A. N. & Umarov, S. R. (2019). Peculiarities of obtaining inter-residential and interline hybrid combinations of silkworm caterpillar. *Agrarian science.* (7-8). 29-30. https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-330-7-29-30 [in Russian].

16. Dospehov, B. A. (2012). Metodika polevogo opyta (sosnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research results)] Moskva : Kniga po Trebovaniju, 352 [in Russian].

17. Rokickij, P. F. (1978). *Vvedenie v statisticheskuju genetiku* [An introduction to statistical genetics] Minsk : Vyshjejshaja shkola, 448 [in Russian].

18. Zlotin, A. Z. (1989). *Tehnicheskaja jentomologija* : spravochnoe posobie [Technical entomology: a reference book] Kiev : Naukova dumka, 183 [in Russian].

19. Matzinger, D. F., Mannand, T. J., & Cockerham, C. C. (1962). Diallel cross in Nicotiana tabacum. *Crop Science,* 2, 238–286.

20. Fonseca, S., & Patterson, F. L. (1968). Hybrid vigor in a seven parent diallel cross in common winter wheat (Triticum aestivum L.). *Crop Science,* 1, 85–88.

21. . Griffing, B. (1950) Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics,* 35, 303–321.

22. Beil, G. M., & Atkins, R. E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal,* 39, 3.

23. Zaika, Ye. V. (2015). Efekt heterozysu ta uspadkuvannia hospodarsko tsinnykh oznak u hibrydiv F_1 pshenytsi miakoi ozymoi v zoni Pivnichnoho Lisostepu. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy.* [Effect of heterosis and inheritance of economically valuable traits in F_1

hybrids of soft winter wheat in the Northern Forest Steppe zone. *Scientific reports of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*] 5. Retrieved from : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_5_19 [In Ukrainian].

24. Tromsiuk, V. D., & Buhaiov, V. D. (2021). Riven heterozysu ta stupin fenotypovoho dominuvannia osnovnykh oznak produktyvnosti u F_1 trytykale ozymoho. [The level of heterosis and the degree of phenotypic dominance of the main productivity traits in F_1 winter triticale.] *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu, Seriia «Ahronomiia i biolohiia».* 1, (43). 49-54 https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.1.7 [In Ukrainian].

25. Fedorenko, I. V. (2015). Proiav osnovnykh kilkisnykh oznak produktyvnosti hibrydiv F_1 pshenytsi miakoi yaroi [Manifestation of the main quantitative characteristics of the productivity of F_1 hybrids of soft spring wheat.] *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu,* Zhytomyr. 1 (47), 1. 269-275 [In Ukrainian].

26. Panchenko, O. M. & Markina T. Yu. (2020). Otsinka vysokoshovkonosnykh linii shovkovychnoho shovkopriada (*Bombyx Mori* L.) za zhyttiezdatnistiu ta produktyvnistiu. [Evaluation of high-silk lines of of silkworm (*Bombyx Mori* L.) for viability and productivity] *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia ,,Tvarynnytstvo".* Sumy. 4 (43), 65–70. https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.10 [In Ukrainian].

27. Jeong, W., Choi, J., Baf, K. & Sunk, H. (1990). Heterosis, inbreeding depression and combining ability of bave characters in silkworm by diallel crosses. *Research reports of Korea Technology Research Inst.* 2. 49–56

THE LEVEL OF HETEROSIS AND THE DEGREE OF PHENOTYPIC DOMINANCE OF THE MAIN ECONOMICALLY VALUABLE CHARACTERISTICS IN F1 HYBRIDS OF THE SILKWORM (BOMBYX MORI L.)

Panchenko O. M., Institute of Animal Science NAAS.

Markina T. Yu., H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University.

There were presented the results of heterosis level (hypothetical and true) and the degree of phenotypic dominance of the main economically valuable characteristics in hybrids of silkworm Bombyx Mori L. of the first generation. The crossing was conducted by full diallel scheme, including 16 variants (12 hybrids and 4 parental forms), 50 mg in triplicate replications.

There were studied the types of heredity and the level of heterosis of the main economically valuable characteristics in F1 hybrids of silkworms. It was revealed that the heredity of caterpillars viability, average cocoon weight and male silkiness was mostly positive as regards to G2, G4, G6 and G7 lines, while the heredity of females was mostly depressed (negative superdominance).

Determination of the effect of heterosis and the degree of phenotypic dominance made it possible to identify 7 best combinations in terms of caterpillar viability in comparison with parental forms, among them the best were hybrids G2×G6 and G6×G2 with high degree of phenotypic dominance (positive superdominance) -- 7.8 and 9.0, with hypothetical heterosis of 11.0% and 12.7% and true heterosis of 9.4% and 11.1% accordingly.

The effect of heterosis (positive superdominance) was found in 8 hybrids according to cocoon weight out of 12 hybrid combinations, partial positive inheritance in 3 hybrids, and intermediate type of dominance in 1 hybrid.

The hybrids G6×G4 (Ht=9.00 %, Hbt=8.30 %) and G6×G7 (Ht=1.68 %, Hbt=1.43 %), whose heredity was of the positive superdominance type, were distinguished by female silkiness with a high level of hypothetic and true heterosis (13, 92 and 6.80, accordingly), while hybrid depression was observed in 5 combinations, intermediate heredity in 3, and partial positive and negative dominance in one combination each.

The 9 hybrids had positive overdominance type heredity for silkiness in males.

Production of high-quality silkworm biomaterial contributes to extension of possibilities of its use in various spheres of human activity.

Keywords: silkworm Bombyx mori L., breeding, heterosis, type of heredity, hybrids, viability, productivity.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-172-180
УДК 636.2.083:[615.82:591.469]

ВПЛИВ РІЗНИХ ПРИЙОМІВ ПІДГОТОВКИ НЕТЕЛЕЙ ДО ОТЕЛЕННЯ НА ЇХ ПОДАЛЬШУ МОЛОЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ

Піскун В. І., д. с.-г. н., с. н. с., http://orcid.org/0000-0003-0373-9268
Антоненко С. Ф., д. с.-г. н., с. н. с.
Золотарьов А. П., к. с.-г. н., https://orcid.org/0000-0002-5532-3988
Інститут тваринництва НААН
Золотарьова С. А., к. с.-г. н., https://orcid.org/0000-0001-7275-5603
Державний біотехнологічний університет
Берестова Л. Є., к. с.-г. н., доцент, https://orcid.org/0000-0003-0492-1264
Східно-Український Національний університет ім. В. В. Даля

У статті наведено результати дослідження з вивчення впливу тривалості ручного масажу вимені нетелей на подальший розвиток молочної залози та майбутню продуктивність корів.

Важливою ланкою ефективного ведення молочного скотарства є чітка організація відтворення стада, підготовка нетелей до отелення й лактації та роздоювання корів–первісток. Було встановлено, що у формуванні продуктивності молочних тварин визначальне значення має перша тільність.

Особливість цього фізіологічного стану полягає у тому, що в організмі вперше відбуваються складні морфолого-функціональні зміни у репродуктивних органах, а вагітність, отелення і лактація проходять за подальшого формування організму тварин. Один з найбільш значимим стрес–чинником для організму первістки є перші пологи у комплексі з машинним доїнням. Нездатність подолання впливу такого стрес-чинника як перше доїння є причиною вибуття частини первісток вже на цьому етапі технологічної ланки при промисловому виробництві молока.

Один із технологічних прийомів, який здатний зменшити силу впливу вище зазначених стрес факторів, є проведення масажу вимені нетелей.

Для вивчення ефективності проведення ручного масажу вимені нетелей було проведено дослід стосовно його тривалості (від 1 до 4 хв.). Також досліджено вплив різної тривалості ручного масажу на продуктивність нетелей та їх морфологічні ознаки. Дослід проводили у ДП ДГ „Українка Слобідська" ІТ НААН

на тваринах української чорно-рябої молочної породи. Для цього було сформовано п'ять груп з різною тривалістю ручного масажу (I – 1 хв., II – 2 хв., III – 3 хв., IV – 4 хв., V – без масажу). Починали робити масаж на 6-му місяці тільності.

Встановлено, що проведення ручного масажу вимені нетелей в порівнянні без масажу сприяє збільшенню вимені первісток за такими промірами: обхват вимені на 17,4 – 18,7 % (P≤0,05), завширшки 17,9 – 23,7 (P≤0,05), у довжину 15,9 – 20,7 (P≤0,05), у глибину 16,1 – 20,8 (P≤0,05). Так слід відмітити використання різного часу ручного масажу (I - IV групи) позитивно скорочує час на відділення посліду і збільшення молочної продуктивності на 11,7 – 12,3 %.

Ключові слова: **телиця, нетель, жива маса, середньодобовий приріст, технологія, тривалість масажу вимені, виділення посліду, молоковиведення.**

Технологія вирощування ремонтного молодняку великої рогатої худоби полягає у створенні таких умов утримання, які б сприяли розвитку бажаних якостей кращому використанню тваринами поживних речовин корму, більш інтенсивному росту і розвитку нетелей і одержанню у подальшому здорового приплоду.

Створення великих спеціалізованих тваринницьких комплексів з виробництва молока пов'язане з впровадженням нових способів організації і технології виробництва, найактуальнішим завданням якої є формування стада, що відповідає вимогам вибраної технології [1].

Ця складність обумовлена необхідністю поєднання біологічних і екологічних особливостей тварин з найбільш економними способами виробництва молока.

Ряд елементів нової технології (різноманітні способи безприв'язного утримання, доїння в молочних залах, включаючи роботизовано та поточні лінії, годівля з кормових столів та інш.) підвищує вірогідність виникнення конфліктних ситуацій при групуванні тварин, а вони здатні чинити стресову дію та спричиняє передчасне їх вибуття [1-5].

У цьому випадку в промислових технологіях скорочуються можливості індивідуального підходу до тварин, ускладнюються процеси забезпечення нормальних параметрів для життєдіяльності організму. Тому тварини вимушені адаптуватися до них з великою напругою різноманітних фізіологічних систем [3, 4, 6, 7].

На молочних комплексах не всі тварини можуть повністю пристосуватися до умов нової технології, про що свідчить зниження продуктивності й погіршення якості продукції [6].

Біологічна роль адапційних змін в організмі полягає передусім в умовах діяльності пристосувальних механізмів. Пристосувальна реакція сприяє перебудові різних ресурсів організму з метою його звикання до умов існування, що змінилися, для того, щоб усі органи і системи продовжували погоджено функціонувати і зберігати стан фізіологічного здоров'я тварин [7, 8].

Найбільший стрес–чинник для організму первістки є поєднання перших пологів у комплексі з машинним доїнням. Нездатність подолання впливу такого стрес-чинника як перше доїння є причиною вибуття частини первісток вже на цьому етапі технологічної ланки при промисловому виробництві молока [1-3, 6-7, 9].

Як засвідчують результати дослідників і практиків [2-4, 6-9], одним із технологічних прийомів, який здатний зменшити силу впливу вище зазначених стрес-факторів, є проведення масажу вимені нетелей. І, як наслідок, це сприяє підвищенню молочної продуктивності після отелення [4, 10-12].

У зв'язку з цим, у розглянутих джерелах літератури простежуються результати досліджень, спрямованих на усунення негативної дії вищезгаданих стресів на організм нетелей.

Метою дослідження було визначити основні організаційні та технологічні умови, за яких досягається висока ефективність часу (хв.) за використання масажу вимені нетелей.

Завдання досліджень:

Виявити вплив часу масажу вимені на ефективність росту і розвитку молочної залози.

Встановити рівень молочної продуктивності корів-первісток залежно від тривалості масажу.

Матеріали та методи досліджень.

Дослідження проводили в ДП ДГ „Українка Слобідська" ІТ НААН за однакових умов годівлі і утримання нетелей української чорно–рябої молочної породи з двократним масажем вимені при різній його тривалості (від 1 до 4 хв).

Для цього було сформовано п'ять груп по 8 голів нетелей у кожній, з різною тривалістю ручного масажу (I – 1 хв., II – 2 хв., III – 3 хв., IV – 4 хв., V – без масажу). Також було досліджено вплив різної тривалості ручного масажу на продуктивність нетелей та їх морфологічні ознаки. Інтенсивний мануальний масаж вимені нетелей піддослідних груп розпочали на 6 місяці тільності та закінчили за 20 днів до передбачуваного отелення.

Важливою передумовою для успішного вирішення цієї проблеми стало привчання нетелей до масажу вимені і його оцінка за додатковими показниками: формою, величиною, довжиною, шириною, глибиною, обхватом, рівномірністю четвертей вимені, а також довжиною, товщиною і формою дійок.

Слід відмітити, що ніж досліджувати ці ознаки існує тісний взаємозв'язок у процесі доїння і неврахування їх спричиняє серйозні труднощі занепокоєння тварин, засмоктування повітря в доїльні стакани, а також їх спадання в процесі доїння, уповільнення та порушення усього процесу доїння і можливе раннє вибраковування тварин.

Порівняльна оцінка промірів вимені і дійок у нетелей української чорно–рябої молочної породи до застосування масажу представлено у табл. 1.

Варто вказати, що лінійні проміри вимені та дійок до застосування масажу в розрізі піддослідних груп не мали вірогідних відмінностей. При цьому горизонтальний обхват вимені варіював від 54,5 до 54,7 см, довжина вимені від 12,5 до 12,7 см, ширина вимені – 13,9 см до 14,2 см, глибина вимені – від 9,3 до 9,7 см.

Разом з цим відстань між передніми дійками знаходилась в межах від 5,8 см до 6,0 см, задніми від 2,7 до 2,9 см. Довжина як передніх так і задніх дійок становила від 3,9 до 4,0 см. Аналогічна цьому відмінність між групами за діаметром дійок мали майже однакову величину від 1,6 до 1,7 см. При цьому жива маса у тварин яких використовували в досліді була майже однаковою від 369 до 371 кг.

Таблиця 1

Проміри вимені та дійок у нетелей української чорно–рябої молочної породи до застосування ручного масажу вимені (5–6 місяців тільності), см (М±м)

Проміри вимені та дійок	Група, n=8				
	I	II	III	IV	V
	Тривалість масажу, хв				
	1	2	3	4	без масажу
Кількість, голів	8	8	8	8	8
Горизонтальний обхват вимені	54,6±1,70	54,5±1,60	54,7±1,57	54,4±1,60	54,4±1,60
Довжина вимені	12,6±0,61	12,7±0,70	12,5±0,74	12,6±0,68	12,7±0,64
Ширина вимені	14,1±0,56	13,9±0,57	14,2±0,58	14,1±0,59	14,2±0,60
Глибина вимені	9,6±0,50	9,7±0,49	9,5±0,48	9,6±0,50	9,6±0,51
Відстань між дійками: передніми	5,9±0,46	5,8±0,45	6,0±0,46	5,9±0,47	5,8±0,48
задніми	2,7±0,35	2,9±0,34	2,7±0,33	2,7±0,34	2,8±0,36
Довжина: передньої дійки	4,0±0,24	3,9±0,23	4,0±0,26	3,9±0,25	4,0±0,26
задньої дійки	4,0±0,25	3,9±0,24	4,0±0,25	3,9±0,24	4,0±0,25
Діаметр: передньої дійки	1,6±0,09	1,6±0,07	1,7±0,08	1,6±0,09	1,6±0,08
задньої дійки	1,6±0,08	1,6±0,08	1,7±0,07	1,6±0,07	1,6±0,07
Жива маса до масажу і отелення, кг	370±4,10	369±4,16	371±4,30	371±4,20	369±4,40

Результати досліджень. Результати впливу масажу нетелей на збільшення розмірів вимені та дійок вказують на те, що тварини дослідних груп мали перевагу в порівнянні з V гр. контрольною (без масажу).

Тварини I - IV груп мали більший обхват вимені на 9,5 – 33,9 см або на 14,1 – 50,4 % (P≤0,001) ніж аналоги контрольної групи (табл. 2).

У свою чергу за довжиною вимені тварини дослідних груп мали на 3,0 – 8,1 см або на 12,9 – 35,1 % (P≤0,001) над аналогами контрольної групи.

Ширина вимені тварин дослідних груп була на 3,1 – 6,5 см або на 14,7 – 30,8 % (P≤0,001) більше ніж в аналогів контрольної групи.

Беззаперечний інтерес представляє показник розвитку вимені – його глибина. Зокрема тварини I - IV груп за цим показником на 2,7 – 7,2 см або на 17,3 – 46,1 % (P≤0,001) переважали аналогів контрольної групи.

Слід зазначити, що важливе місце при оцінці вимені мають і дані про відстань між дійками. Так, відстань між передніми дійками у тварин дослідних груп була на 1,1 – 4,5 см або на 13,6 – 15,5 % (P≤0,05) більшою ніж у аналогів V групи. Такі дослідження були виконані за вивчення відстані між задніми дійками. У корів первісток I - IV груп) вона була на 1,7 – 2,7 см, або на 20,4 – 50,0 % (P ≤0,001) більшою, ніж у аналогів V групи.

Довжина передніх дійок також була більшою у дослідних тварин на 0,3 – 0,5 см або на 5,2 – 8,6 % (P≤0,005) щодо аналогів з контрольної групи.

З функціональних властивостей вимені слід зазначити інтенсивність молоковіддачі яка на 0,20 0,40 кг/хв або на 8,0 – 32,0 % (P≤0,05) була вищою в дослід-

них тварин порівняно з контролем, а також при цьому, горизонтальний обхват вимені у первісток дослідних груп у порівнянні з контролем збільшився на 9,5 – 33,9 см або на 14,1 – 50,4 % (P≤0,005).

Таблиця 2

Зміни промірів вимені та дійок у нетелей і корів-первісток після ручного масажу (на 30-й день після отелення), см, (M±m)

Проміри вим'я і дійок	Група				
	I	II	III	IV	V
	Тривалість масажу, хв				
	1	2	3	4	без масажу
Кількість, голів	8	8	8	8	8
Горизонтальний обхват вимені	76,7± 2,14*	84,7± 2,31**	94,1± 2,35**	101,1± 2,2***	67,2± 1,95
Довжина вимені	26,1± 1,03*	28,2± 1,10**	29,3± 1,18**	31,2± 1,23***	23,1± 1,26
Ширина вимені	24,2± 0,41*	25,1± 0,43**	26,2± 0,40**	27,6± 0,43***	21,1± 0,45
Глибина вимені	18,3± 0,45*	19,4± 0,50**	20,3± 0,53**	22,8± 0,48***	15,6± 0,49
Відстань між дійками: Передніми	9,2±0,40	10,5±0,45	11,5±0,40	12,6±0,43	8,1±0,43
Задніми	6,5±0,41	7,0±0,43	7,5±0,45	8,1±0,46	5,4±0,40
Довжина: передньої дійки	6,1±0,26	6,2±0,27	6,2±0,30	6,3±0,29	5,8±0,26
задньої дійки	6,1±0,27	6,2±0,28	6,2±0,29	6,3±0,28	5,8±0,28
Діаметр: передньої дійки	3,2±0,07	3,2±0,08	3,2±0,08	3,2±0,09	3,2±0,08
задньої дійки	3,1±0,08	3,1±0,07	3,1±0,08	3,1±0,07	3,1±0,08
Жива маса на 2 день після отелення, кг	410± 3,65*	429± 3,75**	443± 3,80**	455± 3,65***	396± 3,70

*Примітка. вірогідність даних I і IV груп розрахована до V групи: * відповідає – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,001.*

Застосування масажу вимені нетелей сприяє рівномірності розвитку часток вимені у первісток (табл. 2).

Тривалість ручного масажу вимені нетелей від однієї до чотирьох хвилин в порівнянні з ровесницями без масажу позитивно вплинула не лише на розвиток морфо-функціональних показників, але і на молочну продуктивність (табл. 3).

Молочна продуктивність у первісток дослідних груп була вищою на 286–778 кг або на 7,8–21,3 % (p<0,05) за аналогів контрольної групи.

З функціональних властивостей вимені слід зазначити інтенсивність молоковіддачі, яка на 0,20–0,40 кг/хв. або на 8,0–32,0% (p<0,05) була вищою в дослідних тварин порівняно з контролем.

Таблиця 3

Молочна продуктивність корів-первісток залежно від тривалості ручного масажу, см, (M±m)

Показник	Група (n=8)				
	I	II	III	IV	V
	Тривалість масажу (хв)				
	1	2	3	4	-
Надій за 305 дн., кг	3933±95*	4025±120**	4233±100**	4425±130***	3647±72
% жиру	3,80±0,01*	3,83±0,01**	3,85±0,01**	3,90±0,02***	3,73±0,01
Молочного жиру, кг	149,3±7,67*	154,0±7,72**	162,6±8,25**	172,8±7,39***	136,1±3,20
Середня інтенсивність молоковиведення, кг/хв.	1,35±0,07*	1,43±0,06	1,56±0,05	1,65±0,04***	1,25±0,08

*Примітка. вірогідність даних I і IV груп розрахована до V-ї групи: * відповідає – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,001.*

Висновки:

1. Отриманими результатами доведено, що ручний масаж вимені нетелей української чорно-рябої молочної породи з тривалістю одна – чотири хвилини за двократного його застосування (вранці і ввечері) позитивно впливає на ширину, довжину, глибину вимені та інтенсивність молоковиведення в порівнянні з аналогами контрольної групи (без масажу).

2. Встановлено, що застосування масажу вимені під час підготовки до отелення протягом 1-4 хвилин сприяло збільшенню молочної продуктивності у корів–первісток на 286–778 кг або 7,8–21,3 % (P≤0,05) у порівнянні з аналогами контрольної групи.

3. Щодо функціональних властивостей вимені відмічено підвищення інтенсивності молоковіддачі у корів–первісток дослідних груп на 0,10–0,40 кг/хв або на 8,0–32,0 % (P≤0,05), порівняно з аналогами з контрольної групи.

Бібліографічний список

1. Зубець М. В., Сірацький М. З., Данилкін Я. Н. Формування молочного стада з програмованою продуктивністю. Київ: Урожай, 1997. 222 с.

2. Гавриленко М. С. Годівля телят (раціональна годівля телят є основою створення високопродуктивних стад у господарствах різної форми власності). *Agroexpert*, 2008. № 3. С. 36-37.

3. Всяких А. С., Белугина О. П. Стимуляция развития вымени путем массажа его у нетелей. *Выведение коров для молочных комплексов: Науч. тр. ВАСХНИЛ /* Под ред. А. С. Всяких. Москва: Колос, 1981. С. 187-193.

4. Das K. S., Das N. Pre-partum udder massaging as a means for reduction of fear in primiparous cows at milking. *Applied Animal Behaviour Science.* 2004. Vol. 89, Iss. 1–2, p. 17-26. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.06.005

5. Подобєд Л. І., Олександров С. М., Руденко Є. В., Помітун І. А., Косов М. О., Антоненко С. Ф., Золотарьов А. П., Брезвін О. М., Левицький Т. Р. Технологічні, кормові та ветеринарні аспекти вирощування високопродуктивних корів: наук. вид. Харків. 2020. 529 с.

6. Котенджи Г. П., Зубрич А. С. Интенсивная технология подготовки нетелей и оценки коров-первотелок: лекции. Харьк. с.-х. институт им. В. В. Докучаева. Харьков, 1989. 29 с.

7. Агафонов Н. И., Пищан С. Г., Радченко В. В. Влияние способа массажа вымени нетелей на продуктивность первотелок. *Зоотехния*. 1995. № 1. с. 17-18.

8. Дегтярьов М. О. Характеристика морфофункціональних особливостей альвеолярного апарату вимені первісток під дією масажу. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини: Зб. наук. праць Харківського зооветеринарного інституту.* 1998. Вип. 3. Харків: ХЗВІ. С. 230-232.

9. Kutzer T., Steilen M., Gygax L., Wechsler B. Habituation of dairy heifers to milking routine - Effects on human avoidance distance, behavior, and cardiac activity during milking/ *Journal of Dairy Science*. 2015. Vol. 98, Iss. 8, p. 5241-5251. https://doi.org/10.3168/jds.2014-8773

10. Ramgattie R., Siew N., Diptee M., Stoute V. and Knights M. Effect of mammary stimulation on dairy cows and heifers exposed to a lactation induction protocol. *Open Journal of Animal Sciences*. 2014. № 4, 1-12. https://doi.org/10.4236/ojas.2014.41001.

11. Ведмеденко О. В. Сучасний стан молочного скотарства в умовах племінного господарства Херсонської області. *Таврійський науковий вісник : науковий журнал.* Херсон : Видавничий дім «Гельветика». 2018. Вип. 100. Т. 1. С. 149–156.

12. Панкєєв С. П., Пилипенко Ю. П. Перспективна технологія спрямованого вирощування молодняку в молочному скотарстві. *Таврійський науковий вісник.* Херсон : Видавничий дім «Гельветика». 2021. № 118. С. 260-267. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.33.

References

1. Zubets, M. V., Siratskyi, M. Z., & Danylkin, Ya. N. (1997). *Formuvannia molochnoho stada z prohramovanoiu produktyvnistiu* [Formation of a dairy herd with programmed productivity]. Kyiv : Urozhai. 222. [in Ukrainian].

2. Havrylenko M. S. (2008). Hodivlia teliat (ratsionalna hodivlia teliat ye osnovoiu stvorennia vysokoproduktyvnykh stad u hospodarstvakh riznoi formy vlasnosti) [Calf feeding (rational feeding of calves is the basis for creating highly productive herds in farms of various forms of ownership)]. *Agroexpert*. № 3. 36-37. [in Ukrainian].

3. Vsyakih, A. C., (Edd.) & Belugina, O. P. (1981). Stimulyaciya razvitiya vymeni putem massazha ego u netelej [Stimulation of udder development by massaging it in heifers]. *Vyvedenie korov dlya molochnyh kompleksov:* Nauch. tr. VASHNIL. Moskva : Kolos. 187-193. [in Russian].

4. Das, K. S., & Das, N. (2004). Pre-partum udder massaging as a means for reduction of fear in primiparous cows at milking. *Applied Animal Behaviour Science*. Vol. 89 (1–2). 17-26. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.06.005

5. Podobied, L. I., Oleksandrov, S. M., Rudenko, Ye. V., Pomitun, I. A., Kosov, M. O., Antonenko, S. F., Zolotarov, A. P., Brezvin, O. M. & Levytskyi, T. R. (2020). *Tekhnolohichni, kormovi ta veterynarni aspekty vyroshchuvannia vysokoproduktyvnykh koriv*: nauk. vyd. [Technological, fodder and veterinary aspects of raising high-yielding cows] Instytut tvarynnytstva NAAN. Kharkiv. 529. [in Ukrainian].

6. Kotendzhi, G. P., & Zubrich, A. S. (1989) *Intensivnaya tehnologiya podgotovki netelej i ocenki korov-pervotelok: lekcii* [Intensive technology for the prepa-

ration of heifers and evaluation of first-calf heifers: lectures.]. Har'kovskij sel'-skohozjajstvennyj institut im. V. V. Dokuchaeva. Harkov. 29. [in Russian].

7. Agafonov, N. I., Pishan, S. G., & Radchenko, V. V. (1995). Vliyanie sposoba massazha vymeni netelej na produktivnost pervotelok [Influence of heifer udder massage method on the productivity of first-calf heifers]. *Zootehniya*. № 1. 17-18. [in Russian].

8. Dehtiarov, M. O. (1998). Kharakterystyka morfofunktsionalnykh osoblyvostei alveoliarnoho aparatu vymeni pervistok pid diieiu masazhu [Characterization of the morpho-functional features of the alveolar apparatus of the udder of firstborns under the influence of massage]. *Problemy zooinzhenerii ta veterynarnoi medytsyny* [Problems of animal engineering and veterinary medicine]: 3b. nauk. prats Kharkivskoho zooveterynarnoho instytutu. Vyp. 3. Kharkiv: KhZVI. 230-232. [in Ukrainian].

9. Kutzer, T., Steilen, M., Gygax, L., & Wechsler, B. (2015). Habituation of dairy heifers to milking routine - Effects on human avoidance distance, behavior, and cardiac activity during milking. *Journal of Dairy Science*. Vol. 98 (8), p. 5241-5251. https://doi.org/10.3168/jds.2014-8773

10. Ramgattie, R., Siew, N., Diptee, M., Stoute, V. & Knights, M. (2014). Effect of mammary stimulation on dairy cows and heifers exposed to a lactation induction protocol. *Open Journal of Animal Sciences*. № 4, 1-12. https://doi.org/10.4236/ojas.2014.41001.

11. Vedmedenko, O. V. (2018). Suchasnyi stan molochnoho skotarstva v umovakh pleminnoho hospodarstva Khersonskoi oblasti [The current state of dairy farming in the conditions of breeding farms in the Kherson region]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Taurian Scientific Bulletin]. Kherson : Vydavnychyi dim «Helvetyka». 100. 1. 149–156. [in Ukrainian].

12. Pankieiev, S. P., & Pylypenko, Yu. P. (2021). Perspektyvna tekhnolohiia spriamovanoho vyroshchuvannia molodniaku v molochnomu skotarstvi [Promising technology of targeted breeding of young animals in dairy farming]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Taurian Scientific Bulletin]. Kherson : Vydavnychyi dim «Helvetyka». № 118. 260-267. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.33. [in Ukrainian].

THE IMPACT OF DIFFERENT PREPARATION TECHNIQUES FOR CALVING HEIFERS ON THEIR FUTURE DAIRY PRODUCTION

Piskun V. I., Antonenko S. F., Zolotarov A. P., Institute of Animal Science NAAS.
Zolotarova S., State Biotechnological University.
Berestova L. Ye., Volodymyr Dahl East Ukrainian National University.

The article presents the results of research on the influence of duration of kneading of udder of springer heifers on further development of mammary gland and future productivity of cows.

An important chain of effective dairy farming is the accurate organisation of herd reproduction, preparation of springer heifers for calving and lactation and milking of first calves. It has been determined that during the formation of productivity of dairy animals the first pregnancy has a decisive importance.

The specific feature of this physiological state is that complex morphological and functional changes in the reproductive organs happen for the first time in the body, and pregnancy, calving and lactation proceed in the further formation of the animal organism. One of the most significant stressors on the first calving heifer's body is the first birth in combination with machine milking. The inability to overcome the influence of the first milking stress factor is the reason why some first calves are already being eliminated at this phase of the technological chain in commercial milk production.

One of the techniques that can reduce the impact of the above mentioned stress factors is udder massage of springer heifers.

To study effectiveness of manual massage of udder of springer heifers its duration (from 1 to 4 min.) was tested. There was also studied the effect of different durations of manual massage on the performance of heifers and their morphological traits. The experiment was carried out in SE "Ukrainka Slobodskaya" by IAS NAAS on animals of Ukrainian black-motley dairy breed. For that, five groups were formed with different duration of manual massage (I - 1min, II - 2min, III - 3min, IV - 4min, V - without massage). Massage was started in the 6th month of pregnancy.

It was found that kneading of udder of springer heifers compared to no massage increased udder of first calving heifers according to the following measurements: udder girth by 17,4 - 18,7 % (P≤0,05), width 17,9 - 23,7 (P≤0,05), length 15,9 - 20,7 (P≤0,05), depth 16,1 - 20,8 (P≤0,05). It should be noted that using different time of hand massage (groups I-IV) positively shortens the time of litter secretion and increases milk production by 11.7 - 12.3%.

Keywords: springer heifer, heifer, live weight, average daily gain, technology, duration of kneading of udder, litter secretion, milk production.

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-180-188
УДК 638.636.03.

НАЛЕЖНА БДЖОЛЯРСЬКА ПРАКТИКА В ТЕХНОЛОГІЇ УТРИМАННЯ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ

Руденко Є. В., д. вет. н., проф., чл.-кор. НААН
https://orcid.org/0000-0002-2200-2758
Маслій І. Г., к. вет. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0002-8671-3356
Інститут тваринництва НААН

Інтеграція України в ЄС зобов'язує бджолярів застосовувати передові технології бджільництва, оскільки лише за таких умов вони можуть отримувати якісну продукцію, збільшити її об'єм у сезон та успішно продавати. У представленій статті розглянуто питання впровадження принципів належної бджолярської практики і системи НАССР, що дасть змогу виробляти якісну і безпечну продукцію, на прикладі конкретних пасік: у м. Святогірськ (140 бджолиних сімей) та у м. Вовчанськ (450 бджолиних сімей). Метою роботи було визначення ефективності впровадження належної бджолярської практики за впливом на стан сімей, їх продуктивність та життєдіяльність. Дослідження проведено у період 2017–2021 рр. Застосовано комплекс зоотехнічних та ветеринарно-санітарних заходів відповідно до сезону року задля організації загальних (планових весняної та осінньої) ревізій, а також виявлення ураження бджіл заразними хворобами. Проаналізовано дані записів у журналах щодо кількості, сили та наявності кормів в бджолосім'ях за осінньої ревізії.

Установлено, що за період впровадження належної бджолярської практики вдалося відновити кількість сімей, забезпечити їх життєдіяльність на високому та середньому рівні, підвищити продуктивність бджіл. Кількість товарного меду на пасіці у м. Святогірськ у 2019 році становила 8820±840 кг, 2020 – 10360±1050 кг, 2021 – 11209±952 кг, у м. Вовчанськ у 2019 році – 35100±2070 кг, 2020 – 40950±2925 кг, 2021 – 45000±3735 кг. Крім того, значний економічний

ефект отримали власники пасік від запилення ентомофільних культур, таких як ріпак, соняшник, гречка, різнотрав'я. Урожайність цих культур виявилася вищою на 5–6 %, ніж середній показник по досліджених областях.

Впровадження принципів належної бджолярської практики та системи HACCP сприяло утриманню на пасіках сильних та здорових сімей бджіл підвищенню продуктивності та збереженості бджолиних сімей, а також дало змогу виробити якісну та безпечну продукцію.

Ключові слова: **належна бджолярська практика, сильна здорова сім'я, продуктивність, якість та безпечність продукції.**

Завданням належної бджолярської практики (Good Beekeeping Practice, GBP) є допомога бджолярам в адаптації та приведенні у відповідність своєї діяльності до стандартів Європейського Союзу (ЄС) і правил виробництва безпечної, якісної та конкурентної продукції [1].

Інтеграція України в ЄС зобов'яже бджолярів застосовувати передові технології бджільництва, оскільки за лише таких умов вони зможуть успішно продавати свою продукцію.

Впровадження принципів належної бджільницької практики та системи HACCP дасть змогу виробляти якісну та безпечну продукцію. Належна бджільницька практика визначає „Систему безпеки під час виробництва продуктів" – це встановлені виробничі, ветеринарно-санітарні та гігієнічні правила, вимоги та процедури, які бджолярі повинні застосовувати з метою забезпечення і гарантування безпеки та якості продуктів бджільництва, що вони виробляють, переробляють, а також реалізують споживачеві [2, 3].

Застосування принципів належної бджолярської практики бджолярами України сприятиме розширенню ринків збуту вітчизняної продукції як у Європі, так і в усьому світі. Система GBP призначена для забезпечення максимального збереження природних властивостей продуктів бджільництва, оберігаючи їх від забруднення, фальсифікації, перегріву тощо. Особливого значення надається принципам самоконтролю у виробництві продуктів бджільництва, які юридично визначені й є обов'язковими відповідно до правил і регламентів ЄС. За розробки системи GBP було узагальнено міжнародний досвід та докладено багато зусиль з одного боку, щоб вона відповідала всім вимогам теорії належної виробничої та гігієнічної практики для забезпечення виробництва безпечної продукції бджільництва. Із іншого боку, беручи до уваги можливості бджолярів, які мають реалізовувати цю систему – вона була досить простою і легкою [4, 5].

Формальне та неправильне застосування належної бджолярської практики бджолярами призведе до втрати ринків збуту продукції. Трейдери переважно купуватимуть продукти, вироблені відповідно до вимог GBP. Застосування належної бджільницької практики – нескладний процес. Це не новий, невідомий та складний спосіб ведення бджільництва, а відомий та практикований. Що нового та важливого? Є певні ключові моменти: створити такі умови, бджоловедення, коли будь-яка діяльність бджоляра, завдяки особистій гігієні, є запорукою якості та безпеки продуктів бджільництва. Бджоляр повинен документувати в контрольних картах власні реальні дії, спрямовані на запобігання забрудненню продуктів бджільництва. Впровадження та застосування GBP потребує певних зусиль. Це ціна, що мають заплатити бджолярі, які хочуть залишитись на ринку України та ЄС [6, 7].

Мета роботи – визначення ефективності впровадження належної бджолярської практики за впливом на стан сімей, їх продуктивність та життєдіяльність.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проведено в умовах пасік, розміщених у м. Святогірськ Донецької обл. (140 бджолосімей) та м. Вовчанськ Харківської обл. (450 бджолосімей) упродовж 2017–2021 рр. Застосовано комплекс зоотехнічних та ветеринарно-санітарних заходів відповідно до сезону року задля організації загальних (планових весняної та осінньої) ревізій, а також виявлення ураження бджіл заразними хворобами [8–11].

Ветеринарно-санітарний стан пасік визначали методом епізоотологічного обстеження та спостереження за бджолосім'ями. На початку досліджень проаналізовано дані записів у журналах щодо кількості, сили та наявності кормів в бджолосім'ях за осінньої ревізії 2017 року.

У весняну ревізію 2018 року провели епізоотологічне обстеження та швидкий огляд усіх сімей бджіл. Із загальної їх кількості на пасіці під час огляду в 30 % та сімей, з ознаками слідів випорожнень на корпусах вуликів, відібрали патологічний матеріал (зішкреби плям проносу), а також по 100–200 живих або щойно загиблих імаго, зразки стільників, забруднених випорожненнями бджіл, стільникового меду для дослідження у лабораторних умовах. Зразки патологічного матеріалу досліджували, використовуючи паразитарні та мікроскопічні методи, затверджені в установленому порядку. Результати досліджень заносили до відповідних граф ветеринарно-санітарних паспортів пасік.

Упродовж сезонів 2018–2019 рр., 2019–2020 рр. та 2020–2021 рр. спостерігали за розвитком і продуктивністю сімей на пасіках та порівнювали результати з попередніми роками.

Результати досліджень. На початку досліджень визначили параметри дотримання на пасіках основних господарсько-організаційних вимог. Установлено, що пасіки розташовані на сухій, захищеній від вітрів сонячній місцевості. Територія пасіки у м. Святогірськ була захищена насадженнями дерев та кущів, чого не спостерігали у м. Вовчанськ, роботи щодо захисту від негоди на якій до цього часу проводяться.

Пасіки були розміщені на відстані 800 м від житлових будівель населених пунктів, місць відпочинку, культурно-побутових об'єктів, шосейних доріг і залізниці. Підприємств кондитерської і хімічної промисловості та воскопереробних заводів, а також репродуктивних і карантинних пасік, тваринницьких та птахівничих ферм поряд не було розташовано. Також були відсутні поблизу заболочені і затоплювані водою місця, і склади з отрутохімікатами.

Пасіка у м. Святогірськ розташована на одному точку, а у м. Вовчанськ – трьох точках на відстані трьох-п'яти кілометрів один від одного.

На пасіках перед льотками вуликів була видалена рослинність і на поверхню землі насипано пісок. Вулики стояли на спеціальних підставках висотою не менше 30 см.

Серед медоносів у м. Святогірськ переважали каштан, липа, польове та лісове різнотрав'я, соняшник. У м. Вовчанськ медоносна база представлена дикорослою акацією, липою, технічними сільгоспкультурами – ріпаком та соняшником.

Результати ретроспективного аналізу осінньої ревізії на дослідних пасіках наведено у табл. 1

Установлено, що пасіка у м. Святогірськ нараховувала 140 сімей, серед яких 102 були сильні, 35 – середньої сили, 3 – слабкі. На пасіці у м. Вовчанськ із 450 бджолосімей, сильних було 305, середньої сили – 141, слабких – 4.

Забезпеченість кормом в середньому на сім'ю становила 12,5 кг на пасіці у м. Святогірськ та 14,8 кг – у м. Вовчанськ.

Таблиця 1

Результати осінньої ревізії сімей бджіл (30 жовтня 2017 р.)

Показник	Пасіка м. Святогірськ	Пасіка м. Вовчанськ
Поставлено бджолосімей у зиму (шт.)	140	450
Серед них: сильних	102	305
середньої сили	35	141
слабких	3	4
Наявність кормів	12,5±1,1	14,8±1,4

Результати епізоотологічних обстежень обох пасік під час весняної ревізії 2018 року наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Результати весняної ревізії сімей бджіл (квітень 2018 р.)

Показник	Пасіка м. Святогірськ	Пасіка м. Вовчанськ
Вийшло із зимівлі бджолосімей (шт.)	138	445
Серед них: сильні	98	280
середньої сили	33	152
слабкі	5	8
загинуло	2	5
Варооз, екстенсивність (%)	4,2±3,07	3,8±2,14
Ноземоз, ураження: (+)	9	16
(++)	2	–

Пасіка у м. Святогірськ налічувала 138 сімей, із яких 33 були середньої сили, 5 слабкі, дві загинули в період зимівлі. Огляд сімей свідчить, що з обстежених 46 сімей бджіл, 11 мали ознаки забруднення випорожненнями корпусів вуликів, стільникових рамок, наявністю бджіл із збільшеними черевцями та розкрилецею. На пасіці у м. Вовчанськ було виявлено аналогічні ураження у 16 сім'ях.

За результатами лабораторних досліджень патологічного матеріалу, відібраного навесні 2018 року було з'ясовано, що ступінь екстенсивності вароозної інвазії на пасіці у м. Святогірськ в середньому становив 4,2±3,07 %, у м. Вовчанськ – 3,8±2,14 %.

Наявність спор збудника ноземозу реєстрували на пасіці у м. Святогірськ в 11-ти сім'ях, серед них із ступенем ураження в «+» – 9-ти сімей, «++» – 2-х сім'ях. На пасіці у м. Вовчанськ було виявлено 16 сімей уражених ноземозом із мінімальною інтенсивністю в «+».

Застосування принципів належної бджолярської практики бджолярами в наступні роки дало змогу значно покращити ситуацію на пасіках. У першу чергу було проведено ретельну ревізію щодо придатності стільників для подальшого

застосування. Порожні рамки, що використовувались не більше 3-х років піддано дезінфекції з попереднім замочуванням для видалення залишків меду, перги та загиблих личинок минулих етапів використання. Також переглянуто усі корпуси. Із найбільш забруднених випорожненнями бджіл, останніх пересаджено у чисті вулики, продезінфіковані полум'ям. Із сімей, де виявлено сліди проносу у вуликах, всі стільники з кормом видалено та перетоплено на віск.

За сезон відновили кількість сімей до 140 штук у м. Святогірськ, 450 – у м. Вовчанськ. У процесі осінньої ревізії 2018 року та формування гнізд у зиму перевірили чи достатня кількість кормів, а також у лабораторних умовах визначили, що падь та спори збудника ноземозу в стільниковому меді відсутні.

За піддослідними сім'ями ретельно спостерігали упродовж усіх років проведення досліду. Результати, отримані після застосування на пасіках планових заходів щодо дезінфекції, попередження поширення хвороб бджіл в рамках положень належної бджолярської практики наведено у табл. 3.

У ході проведеного обстеження під час осінньої ревізії встановили, що на зимівлю 2018–2019 рр. на пасіці в м. Святогірськ було поставлено 140 сімей бджіл, серед них 109 – сильних, 30 – середньої сили, 1 – слабка. Кількість вуличок на сім'ю в середньому становила 7±0,12, запасів корму (меду) – 10±0,8 кг.

Результати весняної ревізії на початку 2019 року свідчили, що із зимівлі на пасіці у м. Святогірськ вийшло 139 бджолосімей, із них 100 – сильних, 38 – середньої сили, 1 бджолина сім'я загинула. Середня кількість вуличок становила 6±1,2 штук, запасів корму (меду) – 4,7±1,2 кг, перги –1,5±0,11 стільника. На момент обстеження у сім'ях було до трьох стільникових рамок з суцільним запечатаним розплодом.

У наступні сезони ситуація покращувалась: кількість сімей не збільшувалась, проте загиблих та слабких серед них не було. Кількість отриманого товарного меду від однієї сім'ї збільшувалась з кожним сезоном: 63±6 кг, 74±7,5 та 80±6,8 кг на бджолосім'ю відповідно у 2019, 2020, 2021 рр.

Кількість товарного меду, отриманого від сімей за сезон, становила по роках: 2019 рік – 8820±840 кг, 2020 – 10360±1050 кг, 2021 – 11209±952 кг.

Серед сімей, що поставлені на зимівлю у 2018 році у м. Вовчанськ було: сильних – 300, середньої сили – 145, слабких – 5, кількість вуличок, що обсиджували бджоли – у середньому 7±0,1 штук, запасів корму (меду) – 10,6±0,9 кг.

Результати обстеження пасіки у м. Вовчанськ у 2019 році свідчать про загибель двох сімей та більше споживання корму упродовж зимівлі. Ситуація змінювалась на краще з кожним наступним роком.

Із даних таблиці видно, що за період впровадження належної бджолярської практики продуктивність бджолиних сімей постійно зростала. Кількість товарного меду становила у 2019 році – 35100±2070 кг, 2020 – 40950±2925 кг, 2021 році – 45000±3735 кг.

Крім того, значний економічний ефект отримали власники пасік від запилення ентомофільних культур, таких як ріпак, соняшник, гречка, різнотрав'я. Урожайність цих культур виявилася вищою на 5–6 %, ніж середній показник по досліджених областях.

Таблиця 3

Результати зимівлі та продуктивності бджолиних сімей у сезонах 2018–2021 рр.

Показник	Пасіка м. Святогірськ			Пасіка м. Вовчанськ		
	Сезон, роки					
	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2018-2019	2019-2020	2020-2021
Сила сімей						
Поставлено бджолосімей в зиму	140	140	140	450	450	450
Із них: сильні/середні/слабкі	109/30/1	115/25/–	120/20/–	300/145/5	305/145	320/120
Середня кількість: вуличок (шт.)	7±0,12	7±0,2	8±0,15	7±0,1	8±0,18	8±0,22
меду (кг)	10±0,8	10±1,1	10±1,2	10,6±0,9	12,15±1,25	12,3±1,2
Наявність паді та спор *N. Apis* в меді	Відсутня	Відсутня	Відсутня	Відсутня	Відсутня	Відсутня
Вийшло з зимівлі, (шт.)	139	140	140	448	450	450
Із них: сильні/середні/слабкі/загиблі, (шт.)	100/38/–/1	110/40/–/–	120/20/–/–	300/145/3/2	300/150/–/–	300/150/–/–
Середня кількість: вуличок (шт.)	6±1,2	8±1,8	8±1,65	7±1,2	8±1,15	9±1,55
стільників з розплодом, (шт.).	3±0,5	4±0,25	4±0,3	4±0,4	5±0,5	5±0,5
кормів: меду (кг)	4,7±1,2	6,5±1,6	6,9±1,38	3,6±0,8	5,6±1,26	5,8±1,1
перги (стільників)	1,5±0,11	2±0,24	2±0,28	1,7±0,12	2,3±0,18	2,0±0,16
Продуктивність сімей (отримано за сезон)						
Кількість меду на одну бджолосім'ю, (кг)	63±6	74±7,5	80±6,8	78±4,6	91±6,5	100±8,3
Кількість товарного меду, (кг)	8 820±840	10 360±1 050	11 209±952	35 100±2 070	40 950±2 925	45 000±3 735

Висновки:

1. Застосування на пасіках принципів належної бджолярської практики та системи НАССР сприяє підвищенню продуктивності та збереженості бджолиних сімей.

2. На пасіках слід утримувати лише сильні, здорові і продуктивні бджолині сім'ї, які добре зимують, роблять дружний обліт, краще розвиваються навесні та менше уражуються хворобами.

Бібліографічний список

1. General introductory text providing background information for the chapters of the Terrestrial Animal Health Code on diseases of bees .*World Organisation for Animal Health (OIE).* 2013. https:// www.oie.int/en/our-scientific-expertise/specific-information-and-ecommendations/bee-diseases (дата звернення 25.10.2022 р.)

2. Adams W. M. «The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century». *Conference: IUCN Renowned Thinkers Meeting, UK,* 2006. С. 29–31.

3. Blewitt J. Understanding Sustainable Development. 2nd ed. New York: Routledge. 2015. 406 с. https://doi.org/10.4324/9781315886459 (дата звернення 26.10.2022 р.)

4. FAO and the SDGs Indicators: Measuring up to the 2030 Agenda for Sustainable Development. *FAO*. 2017 p. http://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/854006/ (дата звернення 25.10.2022 р.)

5. FAO. Good beekeeping practices: Practical manual on how to identify and control the main diseases of the honeybee (Apis mellifera). TECA –*Technologies and practices for small agricultural producers.* 2020. https://doi.org/10.4060/ca9182en (дата звернення 27.10.2022).

6. Jarimi H., Tapia-Brito E., Riffat S. A Review on Thermoregulation Techniques in Honey Bees (Apis Mellifera) Beehive Microclimate and Its Similarities to the Heating and Cooling Management in Buildings. *Future Cities and Environment.* 2020. Vol. 6 (1). P. 1–8. DOI: http://doi.org/10.5334/fce.81

7. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Honey bee diseases and pests: a practical guide. Agricultural and Food Engineering Technical Report 4, Rome. 2006. 42 с. http://www.fao.org/icatalog/inter-e.htm (дата звернення 27.10.2022 р.)

8. Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals (mammals, birds and bees). *World organization for animal health; OIE.* 2004. II, 2.9. P. 963 –986.

9. Руденко Є. В., Маслій І. Г., Нємкова С. М., Свиридов О. В. Діагностика і стратегія основних заходів щодо боротьби і лікування інвазійних хвороб медоносної бджоли: Методичні вказівки. К. *Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини*,. 2005. 39 с.

10. Руденко Е. В., Емельянова Н. С. *Пчеловодство: просто и понятно.* Руководство по надлежащей пчеловодческой практике (GBP – Good Beekeeping Practice) [2-е изд., дополн. и перераб.]. Х. 2015. 75 с.

11. Ritter, W. Bee health and veterinarians. Paris, *World Organisation for Animal Health (OIE)* 2014. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153038688

References

1. General introductory text providing background information for the chapters of the Terrestrial Animal Health Code on diseases of bees (2013) .World Organisation

for Animal Health (OIE). https:// www.oie.int/en/our-scientific-expertise/specific-information-and-ecommendations/bee-diseases

2. Adams, W. M. (2006). "The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century." Conference: IUCN Renowned Thinkers Meeting, UK, 29-31

3. Blewitt, J. (2015). Understanding Sustainable Development. 2nd ed. New York: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315886459

4. FAO and the SDGs Indicators: Measuring up to the 2030 Agenda for Sustainable Development." (2017). FAO http://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/854006/

5. FAO. (2020). Good beekeeping practices: Practical manual on how to identify and control the main diseases of the honeybee (Apis mellifera). TECA – Technologies and practices for small agricultural producers. https://doi.org/10.4060/ca9182en

6. Jarimi H., Tapia-Brito E., & Riffat S. (2020). A Review on Thermoregulation Techniques in Honey Bees (Apis Mellifera) Beehive Microclimate and Its Similarities to the Heating and Cooling Management in Buildings. *Future Cities and Environment.* 6 (1). 7, 1–8. http://doi.org/10.5334/fce.81

7. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). Honey bee diseases and pests: a practical guide. Agricultural and Food Engineering Technical Report 4, Rome. 42 p. http://www.fao.org/icatalog/inter-e.htm

8. Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals (mammals, birds and bees) (2004). *World organization for animal health*; OIE. II, 2.9. 963 –986.

9. Rudenko E. V., Maslii I. G., Nemkova S. N., & Sviridov O. V. (2005). Diagnostika I strategiya osnovnih zahodiv borotbi I likyvannya invasiynih hvorob bdgil: Metodichni vkasivki [Diagnosis and strategy of the main measures to combat and treat invasive diseases of the honey bee: Methodological guidelines] К. : *Institute of Experimental and Clinical Veterinary* 39 с. [in Ukrainian].

10. Rudenko E. V., & Emelyanova N. S., (2015). Pchelovodctvo: prosto I ponyatno. Rucoovodstvo po nadlezhashej pchelovodcheskoj praktike [Beekeeping: simple and clear. Good Beekeeping Practice Guide] *GBP – Good Beekeeping Practice*. X. 75. [in Ukrainian].

11. Ritter, W., (2014). Bee health and veterinarians. Paris, *World Organisation for Animal Health (OIE)*. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153038688

PROPER BEEKEEPING PRACTICES IN THE TECHNOLOGY OF KEEPING HONEY BEE

Rudenko Ye. V., Maslii I.G., Institute of Animal Science NAAS

The integration of Ukraine into the EU obliges beekeepers to use advanced beekeeping technologies, because under such conditions they can obtain high-quality products, increase the volume in the season and successfully sell them. The article examines the issue of implementing the principles of proper beekeeping practices and the HACCP system, which will enable the production of high-quality and safe products, using the example of specific apiaries: in the city of Sviatohirsk (140 bee colonies) and in the city of Vovchansk (450 bee colonies). The purpose of the work was to determine the effectiveness of the implementation of proper beekeeping practices in terms of the impact on the state of families, their productivity and livelihoods. The study was conducted in the period 2017–2021. A complex of zootechnical and veterinary sanitary measures was applied in accordance with the season of the year in order to organize general (planned spring and autumn) revisions, as well as to detect the damage of bees by infectious dis-

eases. The data of entries were analyzed in journals relative to the number, strength and availability of fodder in bee colonies during the autumn revision.

It was determined that during the period of implementation of proper beekeeping practices, it was possible to restore the number of families, to ensure their livelihood at a high and medium level, and to increase the productivity of bees. The amount of commercial honey in the apiary in the city of Sviatohirsk in 2019 was 8820±840 kg, in 2020 – 10360±1050 kg, in 2021 – 11209±952 kg, in the city of Vovchansk in 2019 – 35100±2070 kg , 2020 – 40950±2925 kg, 2021 – 45000±3735 kg. In addition, apiary owners received a significant economic effect from the pollination of entomophilous crops, such as rapeseed, sunflower, buckwheat, and forage. The yield of these crops turned out to be 5-6% higher than the average for the studied regions.

The implementation of the principles of proper beekeeping practices and the HACCP system contributed to the maintenance of strong and healthy bee families in apiaries, increased productivity and their preservation, and also made it possible to produce high-quality and safe products.

Keywords: proper beekeeping practice, strong healthy family, productivity, quality and product safety

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-188-198
УДК 636.082

ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕЛЕЙ ПІДБОРУ ЗА ГЕНЕАЛОГІЧНИМИ ГРУПАМИ ПРИ ОТРИМАННІ ПЛЕМІННИХ КОБИЛ В ОРЛОВСЬКІЙ РИСИСТІЙ ПОРОДІ КОНЕЙ УКРАЇНСЬКОЇ ПОПУЛЯЦІЇ

Ткачова І. В., д. с.-г. н., с. н. с., https://orcid.org/0000-0002-4235-7257
Інститут тваринництва НААН
Фролова Г. О., https://orcid.org/0000-0002-9994-4903
Державне підприємство «Агентство та тварин»
Платонова Н. П., д. с.-г. н., https://orcid.org/0000-0003-2256-7932
Інститут тваринництва НААН

Об'єктом досліджень був український масив племінних кобил орловської рисистої породи, облікований на 01.01.2022 року (n=194). З усіх кобил репродуктивного складу випробувано на іподромах 75,1 % (145 кобил). Встановлено, що між показниками жвавості кобил і промірами тулуба наявні негативні зв'язки низького рівня. Втім, аналізуючи кореляційні зв'язки між рекордною жвавістю і промірами кобил різних суб'єктів племінної справи, встановлено позитивні зв'язки.

Встановлено, що кобили, випробувані на Київському іподромі з високою вірогідністю (p>0,95-0,99) переважали за жвавістю ровесниць, випробуваних на Одеському іподромі, як за рекордною жвавістю, так і за жвавістю, виявленою в усі вікові періоди.

За період селекції з 2001 по 2021 роки орловської рисистої породи виявлено 299 орловських рисаків класу жвавості 2.10 хв і жвавіше, з них 25 коней увійшли в клас 2.05 хв. і жвавіше 2 – в клас 2.00 хв. і жвавіше. Кобил орловської рисистої породи української популяції класу жвавості 2.05 хв.с жвавіше не виявлено, найжвавіша кобила у сучасному репродуктивному складі – Анталія 2.05,7, сір., 2014

(Афоризм – Артистка) Дібрівського кінного заводу. З усіх випробуваних кобил лише 13,8 % мають високий клас жвавості 2.10 хв.с жвавіше. Переважна кількість кобил мають класи жвавості 2.10,1-2.15,0 хв.с (31,1 %) 2.15,1-2.20 хв.с (24,1 %).

За аналізом родоводів визначено, що вітчизняна популяція орловської рисистої породи структурована за 8 генеалогічними лініями та 32 маточними родинами. Найбільш розвинена за наявністю як жеребців, так кобил – лінія Барчука-Запада (40,6 і 31,4 % відповідно).

Найбільша кількість випробуваних кобил походить з генеалогічних ліній Барчука-Запада і Піона. Найвища рекордна жвавість на дистанцію 1600 м притаманна кобилам лінії Воїна (136,6±1,75 с), Барчука (136,8±1,25 с), Ісполнітєльного (137,3±4,19 с), Болтіка (137,6±5,11 с) та Пілота (137,7±2,44 с). Найбільш скоростиглі (найжвавіші у 2-річному кобили у лініях Ісполнітєльного (145,7±3,78 с), Барчука (147,3±1,27 с), Барчука-Запада (147,8±1,45 с).

У дослідженому масиві кобил зафіксовано 53 генеалогічні поєднання. Найбільш чисельним виявилися внутрішньолінійні поєднання Піон × Піон (13 кобил), Барчук × Запад (враховуючи, що відгалуження Запада походить з лінії Барчука) (9 кобил), а також кроси Запад × Піон (10 кобил) та Запад × Ісполнітєльний (9 кобил). За рекордною жвавістю переважали кобили, одержані у кросах Воїн × Піон (134,1±3,07 с), Ісполнітєльний × Запад (134,6±3,89 с), Пілот × Піон (134,8±4,76 с). Таким чином, ці поєднання є найбільш ефективними у підборах батьківських пар для отримання найжвавіших кобил до репродуктивного складу.

Ключові слова: **коні, орловська рисиста порода, племінні кобили, генеалогічні поєднання, лінії, маточні родини, генерація, селекційні ознаки.**

При створенні найдавнішої рисистої породи коней – орловської рисистої - величезну роль зіграло унікальне маточне поголів'я кращих порід коней того часу (1776 рік) [1, 2]. Відомо, що висока племінна цінність жеребців-плідників забезпечує високу інтенсивність використання перевагу добору них потомства до відтворювального складу [3-5]. В наукових працях, присвячених вивченню еволюції орловської рисистої породи відмічено роль видатних плідників у збереженні життєздатності [6, 7]. Разом тим, процес створення та удосконалення порід невід'ємний формування структури, як за чоловічими, так за жіночими представниками.

В кожній породі коней кобили, здійснили вплив на еволюцію, не менший за видатних жеребців [8-10]. Зазвичай, видатні кобили стають матерями засновників чоловічих генеалогічних а також родоначальницями маточних родин гнізд. Разом тим відомо, що матері засновників генеалогічних в орловській рисистій породі Воїна, Вєтра Барчука маточних родин не заснували [11]. Кобила Лебьодка – мати видатного Ловчого – прабатька генеалогічних Ісполнітєльного, Піона, Отбоя, Болтіка – також не стала засновницею маточної родини, адже мала у приплоді лише жеребчиків. Мати видатного Персіда, батька – 12994 Перкуссія - створила власну маточну родину, але вона зникла на початку сторіччя. Малі, зникаючі родини заснували матері родоначальників Пілота, Пролива, Успєха. навпаки, кобили, що належали до крупних середній маточних родин, дали по одному засновнику генеалогічних – Болтика (мати 10787 родина Дачі), Ісполнітєльного (мати 11172 Інкубація, родина Брані), Піона (мати 11676 Приданниця, родина Румби). Примітно, що після появи Піона, маточна родина Румби стала суперродиною.

Вплив репродуктивного складу на еволюцію української популяції орловської рисистої породи мало вивчений, тому це питання актуальним важливе практичне значення для подальшого удосконалення.

Мета досліджень полягала у визначенні ефективності моделей підбору батьківських пар за генеалогічними групами родини), що формують українську популяцію орловської рисистої породи.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктом досліджень був український масив племінних кобил орловської рисистої породи, облікований на 01.01.2022 року (n=194). Матеріалом для досліджень слугувала база даних, створена за даними первинного племінного обліку. Електронні записи на кожну племінну кобилу включають родовід, проміри тіла, бонітувальні бали, результати іподромних випробувань. Для зручності статистичної обробки традиційно представлену жвавість коней у хвилинах переведено у секунди (наприклад: 2.15,1 хв дорівнює 135,1 с). Науково-методичні підходи базувались на зоотехнічному та генеалогічному масиву коней орловської породи. Усіх дослідних коней розподіляли за походженням на генеалогічні групи батька, матері, маточна родина). Розрахунки здійснювали у середовищі Microsoft Exel.

Результати досліджень. З усіх кобил репродуктивного складу випробувано на іподромах 75,1 % (145 кобил) (табл. 1). Майже чверть племінних кобил (24,9 %) невипробувані, що негативно впливає на селекційний процес. Випробувані кобили за жвавістю на класичну дистанцію 1600 м, цей показник обраний через те, що коні рисистих порід в випробовуються на цю дистанцію, на довші дистанції (2400 м, 3200 м) випробовується значно менша кількість коней – 11,3 % жеребців 3,2 % кобил.

Таблиця 1

Показники жвавості на дистанцію 1600 м кобил орловської рисистої породи української селекції різних племінної справи племінної справи

Суб'єкт племінної справи	n	Характеристика кобил за жвавістю при випробуванні на дистанцію 1600 м (хв., с)			
		рекордна жвавість	2 років	3 років	4 років
Дібрівський кінний завод № 62	29	2.14,3 ±1,22	2.27,7 ±1,33	2.14,1 ±0,90	2.11,6 ±0,90
Запорізький кінний завод № 86	61	2.17,0 ±1,03	2.27,4 ±1,08	2.16,7 ±0,62	2.15,8 ±1,26
Лимарівський кінний завод № 61	19	2.27,1 ±2,94	2.35,8 ±3,13	2.23,6 ±2,17	2.17,3 ±2,04
Лозівський кінний завод № 124	12	2.22,9 ±3,19	2.28,6 ±2,22	2.18,5 ±2,09	2.13,3 ±2,30
ПСП «Комишанське»	14	2.16,2 ±2,01	2.22,6 ±1,59	2.14,3 ±2,73	2.13,0 ±0,95
Фізичні особи	11	2.21,9 ±3,32	2.24,5 ±3,33	2.21,6 ±5,08	-
В середньому:	145	2.18,5 ±0,81	2.28,1 ±0,79	2.17,2 ±0,59	2.14,6 ±0,84

Кобили репродуктивного складу оцінені за показниками промірів тулуба: висотою в холці (ВХ), косою довжиною тулуба (КДТ), обхватом грудей (ОГ), об-

хватом п'ястка (ОП). Встановлено (табл. 2), що кобили ПСП «Комишанське» значно переважають кобил інших підприємств за усіма показниками промірів (p>0,95), отже можна констатувати, що селекційна стратегія цього господарства спрямована у правильному русі поєднання високої призової продуктивності із екстер'єрними показниками. Найдрібніші кобили використовуються у Лимарівському кінному заводі і у фізичних осіб.

Таблиця 2

Показники промірів тулуба кобил орловської рисистої породи української селекції різних суб'єктів племінної справи

Суб'єкт племінної справи	n	Проміри, см			
		ВХ	КДТ	ОГ	ОП
Дібрівський кінний завод № 62	65	161,7 ±0,50	163,7 ±0,55	182,2 ±0,83	20,15 ±0,08
Запорізький кінний завод № 86	33	160,9 ±0,37	164,7 ±0,43	183,7 ±0,50	20,34 ±0,07
Лимарівський кінний завод № 61	32	159,7 ±0,68	162,6 ±0,79	183,7 ±0,49	20,07 ±0,10
Лозівський кінний завод № 124	27	160,7 ±0,50	163,3 ±0,54	183,7 ±0,82	20,20 ±0,09
ПСП «Комишанське»	26	164,3 ±0,77	170,8 ±1,06	187,9 ±1,28	20,48 ±0,13
Фізичні особи	10	158,6 ±1,24	161,9 ±1,09	177,3 ±2,72	19,88 ±0,34
В середньому:	193	161,2 ±0,25	164,7 ±0,33	183,7 ±0,37	20,25 ±0,04

Аналізуючи комплекс призових та екстер'єрних ознак, спостерігаємо, що у суб'єктах, де кобили найбільш жваві, вони також і найбільш крупні за визначеними промірами тулуба. Для встановлення наявності взаємо зв'язків між цими ознаками, проведено кореляційний аналіз (табл. 3).

Таблиця 3

Кореляційні зв'язки (r) між призовою продуктивністю та показниками промірів тулуба кобил орловської рисистої породи української селекції

Показники жвавості	Проміри, см			
	ВХ	КДТ	ОГ	ОП
Рекордна жвавість	-0,061	-0,148	-0,040	-0,072
Жвавість у віці:				
2-х років	-0,137	-0,229	-0,163	-0,215
3-х років	-0,108	-0,182	-0,073	-0,006
4-х років	-0,078	-0,043	-0,040	-0,050

Встановлено, що між показниками жвавості кобил і промірами тулуба наявні негативні зв'язки низького рівня. Втім, аналізуючи кореляційні зв'язки між рекордною жвавістю і промірами кобил різних суб'єктів племінної справи, встановлено позитивні зв'язки, отже, можна констатувати, що у Дібрівському кінному заводі і в племінному репродукторі ПСП «Комишанське» досягли невисокого але

позитивного селекційного ефекту поєднання основних селекційних ознак коней орловської рисистої породи (табл. 4).

Таблиця 4

Кореляційні зв'язки (r) між призовою продуктивністю та показниками промірів тулуба кобил орловської рисистої породи різних суб'єктів племінної справи

Рекордна жвавість кобил суб'єктів племінної справи	Проміри, см			
	ВХ	КДТ	ОГ	ОП
Дібрівський кінний завод № 62	0,266	0,085	0,069	0,057
Запорізький кінний завод № 86	-0,138	-0,139	-0,040	0,118
Лимарівський кінний завод № 61	-0,139	-0,173	0,100	-0,184
Лозівський кінний завод № 124	-0,102	-0,109	-0,306	-0,519
ПСП «Комишанське»	0,183	-0,163	0,418	0,221
Фізичні особи	0,020	-0,059	-0,359	-0,261

Для визначення впливу іподрому на показники жвавості кобил орловської рисистої породи оцінено середні показники жвавості на різних іподромах України (табл. 5).

Таблиця 5

Характеристика кобил орловської рисистої породи української селекції різних суб'єктів племінної справи за жвавістю на дистанцію 1600 м

Суб'єкт племінної справи	n	Характеристика кобил за жвавістю при випробуванні на дистанцію 1600 м (хв., с)			
		рекордна жвавість	2 років	3 років	4 років
КП «Київський іподром»	74	2.17,5 ±0,98	2.26,4 ±0,78	2.16,2 ±0,93	2.13,0 ±1,25
Філія «Одеський іподром» ДП «Конярство України»	68	2.19,6 ±1,31	2.29,9 ±1,38	2.18,1 ±0,73	2.15,4 ±1,07
В середньому:	142	2.18,5 ±0,81	2.28,1 ±0,79	2.17,2 ±0,59	2.14,6 ±0,84

Встановлено, що кобили, випробувані на Київському іподромі з високою вірогідністю ($p>0,95-0,99$) переважали за жвавістю ровесниць, випробуваних на Одеському іподромі, як за рекордною жвавістю, так і за жвавістю, виявленою в усі вікові періоди.

За період селекції з 2001 по 2021 роки орловської рисистої породи виявлено 299 орловських рисаків класу жвавості 2.10 хв і жвавіше, з них 25 коней увійшли в клас 2.05 хв. і жвавіше 2 – в клас 2.00 хв. і жвавіше. За останні 20 років виявлено більше коней класу 2.10 і 2.05 хв., за попередні роки. Розподілом масиву кобил за градаціями за класами жвавості проаналізовано селекційний потенціал популяції за призовою продуктивністю (табл. 6).

Таблиця 6

Розподіл кобил орловської рисистої породи української популяції за класами жвавості

Класи жвавості	Частка кобил	
	n	%
2.05,7-2.10,0	20	*13,8*
2.10,1-2.15,0	45	*31,1*
2.15,1-2.20,0	35	*24,1*
2.20,1-2.25,0	16	*11,0*
2.25,1-2.30,0	16	*11,0*
2.31,1-2.40,0	6	*4,1*
2.40,1-2.50,0	3	*2,1*
2.50,1 і тихіше	4	*2,8*
Всього:	145	*100*

Встановлено, що кобил орловської рисистої породи української популяції класу жвавості 2.05 хв.с жвавіше не виявлено, найжвавіша кобила у сучасному репродуктивному складі – Анталія 2.05,7, сір., 2014 (Афоризм – Артистка) Дібрівського кінного заводу. З усіх випробуваних кобил лише 13,8 % мають високий клас жвавості 2.10 хв.с жвавіше. Серед цих кобил майже половина (45,0 %) продукують у Дібрівському кінному заводі, 35 % - у Запорізькому, 15 (3 кобили) – у ПСП «Комишанське» 1 кобила у приватному підприємстві «Земля Переяславщини». Разом тим, кобил найнижчих класів жвавості (2.40,1 хв.с тихіше) небагато – 4,9 %. Переважна кількість кобил мають класи жвавості 2.10,1-2.15,0 хв.с (31,1 %) 2.15,1-2.20 хв.с (24,1 %).

За аналізом родоводів визначено, що вітчизняна популяція орловської рисистої породи структурована за 8 генеалогічними лініями [7] та 32 маточними родинами [13]. Встановлено, що племінні кобили походять з 10 генеалогічних ліній. Найбільш розвинена за наявністю як жеребців, так кобил - Барчука-Запада (40,6 і 31,4 % відповідно) (табл. 7).

Таблиця 7

Розподіл відтворювального складу коней орловської рисистої породи за генеалогічними лініями (на 01.10.2022 р.)

Генеалогічна лінія	Жеребці-плідники		Племінні кобили	
	n	%	n	%
Барчука-Запада	13	*40,6*	61	*31,4*
Пілота	6	*18,8*	31	*16,0*
Вєтра	3	*9,4*	5	*2,8*
Ісполнітєльного	3	*9,4*	10	*5,6*
Воїна	3	*9,4*	14	*7,1*
Піона	2	*6,2*	36	*18,6*
Болтика	1	*3,1*	5	*2,8*
Проліва	1	*3,1*	2	*1,0*
Барчука	-	-	21	*10,8*
Отбоя	-	-	6	*3,1*
Іппіка	-	-	3	*1,5*
Всього:	32	*100*	194	*100*

Найбільша кількість випробуваних кобил походить з генеалогічних Барчука-Запада Піона (табл. 8). Найвища рекордна жвавість на дистанцію 1600 м притаманна кобилам Воїна (136,6±1,75 с), Барчука (136,8±1,25 с), Ісполнітєльного (137,3±4,19 с), Болтіка (137,6±5,11 с) та Пілота (137,7±2,44 с). Найбільш скоростиглі (найжвавіші у 2-річному кобили у Ісполнітєльного (145,7±3,78 с), Барчука (147,3±1,27 с), Барчука-Запада (147,8±1,45 с).

Таблиця 8

Показники жвавості випробуваних кобил орловської рисистої породи різних генеалогічних відгалужень

Лінія	Випробувано кобил		Жвавість, с			
			рекордна	у віці:		
	n	%		2-х років	3-х років	4-х років
Барчука-Запада	43	*30,3*	138,2±1,08	147,8±1,45	138,0±1,07	135,4±1,59
Піона	30	*21,1*	138,8±2,19	148,5±1,68	134,2±0,89	133,0±1,51
Барчука	18	*12,7*	136,8±1,25	147,3±1,27	137,2±1,14	139,4±2,54
Пілота	15	*10,6*	137,7±2,44	148,1±2,65	136,7±1,55	131,5±0,99
Воїна	14	*9,9*	136,6±1,75	148,4±1,80	136,5±1,36	132,1±1,52
Ісполнітєльного	9	*6,3*	137,3±4,19	145,7±3,78	136,1±2,29	134,1±4,59
Отбоя	4	*2,8*	149,5±8,30	151,5±7,07	148,2±13,8	132,0
Болтіка	4	*2,8*	137,6±5,11	151,6±6,40	140,6±5,58	135,5±8,90
Вєтра	2	*1,4*	152,2±17,9	159,2±10,8	134,3	135,6
Іппіка	2	*1,4*	145,9±11,7	148,4±10,2	145,9±11,7	134,2
Проліва	1	*0,7*	132,2	135,4	134,9	132,2
В середньому:	142	*100*	138,5±0,81	148,1±0,79	137,1±0,59	134,6±0,84

Коефіцієнти жвавості племінних кобил становлять: рекордної жвавості – 6,97%, у 2-х років – 6,28%, 3-х років – 4,69%, 4-х років – 4,68%, тобто ознака, яка вивчається достатньо консолідована.

У дослідженому масиві кобил зафіксовано 53 генеалогічні поєднання, в обробку включено в яких випробувано не менше трьох кобил (табл. 9).

Найбільш чисельним виявилися внутрішньолінійні поєднання Піон × Піон (13 кобил), Барчук × Запад (враховуючи, що відгалуження Запада походить з лінії Барчука) (9 кобил), а також кроси Запад × Піон (10 кобил) та Запад × Ісполнітєльний (9 кобил). За рекордною жвавістю переважали кобили, одержані у кросах Воїн × Піон (134,1±3,07 с), Ісполнітєльний × Запад (134,6±3,89 с), Пілот × Піон (134,8±4,76 с). Таким чином, ці поєднання є найбільш ефективними у підборах батьківських пар для отримання найжвавіших кобил у репродуктивний склад.

Висновки:

1. За аналізом родоводів визначено, що вітчизняна популяція орловської рисистої породи структурована за 8 генеалогічними лініями та 32 маточними родинами. Встановлено, що племінні кобили походять з 10 генеалогічних ліній. Найбільш розвинена за наявністю як жеребців, так кобил – Барчука-Запада (40,6 і 31,4 % відповідно).

Таблиця 9

Основні селекційні показники кобил орловської рисистої породи у кросах

Лінійні поєднання та кроси	n	Жвавість, с			
		рекордна	у віці:		
			2-х років	3-х років	4-х років
Піона (внутрішньолінійне)	13	135,4±1,90	146,4±1,58	132,6±1,20	130,0±4,25
Запад × Піон	10	137,2±1,79	143,4±1,60	138,4±2,23	133,9
Барчук × Запад	9	137,5±1,48	147,3±1,95	138,1±1,55	139,6±2,94
Запад × Ісполнітєльний	9	136,1±1,65	149,1±2,73	136,9±1,41	137,4±3,48
Барчук × Запад	9	137,5±1,48	147,3±1,95	138,1±1,55	139,6±2,94
Запада (внутрішньолінійне)	8	142,2±3,30	149,8±4,84	139,8±3,63	131,8
Запад × Пілот	8	138,7±2,72	146,4±2,74	136,8±2,64	136,8±3,12
Воїн × Запад	7	136,2±2,54	149,6±3,54	136,8±2,25	129,9±1,35
Піон × Запад	7	142,0±5,33	151,2±4,57	135,5±0,82	-
Ісполнітєльний × Болтик	5	140,5±7,20	146,4±6,24	138,2±3,66	129,5±2,50
Піон × Ісполнітєльний	4	143,9±9,14	150,7±6,98	135,0±1,13	135,7±0,80
Барчук × Пілот	4	138,0±4,54	148,2±1,96	135,4±3,55	132,4
Запад × Болтик	4	135,4±4,91	145,7±6,55	135,9±4,68	127,4±0,30
Пілот × Запад	4	136,3±3,20	154,7±8,40	137,9±2,70	133,3±1,60
Пілот × Болтик	4	144,0±9,14	149,2±6,67	140,0±6,30	129,9±0,35
Воїн × Ісполнітєльний	3	135,7±2,50	147,2±1,05	137,6±1,22	134,2±3,45
Воїн × Піон	3	134,1±3,07	146,6±2,02	134,6±2,99	132,6
Пілот × Піон	3	134,8±4,76	140,8±3,51	135,8±3,87	126,1
Піон × Пілот	3	141,1±10,9	148,1±7,51	132,0±0,05	130,2±0,20
Ісполнітєльний × Запад	3	134,6±3,89	146,2±6,05	135,5±3,41	138,7±8,85

2. Найбільша кількість випробуваних кобил походить з генеалогічних Барчука-Запада Піона. Найвища рекордна жвавість на дистанцію 1600 м притаманна кобилам Воїна (136,6±1,75 с), Барчука (136,8±1,25 с), Ісполнітєльного (137,3±4,19 с), Болтіка (137,6±5,11 с) та Пілота (137,7±2,44 с). Найбільш скороститглі (найжвавіші у 2-річному кобили у Ісполнітєльного (145,7±3,78 с), Барчука (147,3±1,27 с), Барчука-Запада (147,8±1,45 с).

3. У дослідженому масиві кобил зафіксовано 53 генеалогічні поєднання, в обробку включено в яких випробувано не менше трьох кобил. Найбільш чисельним виявилися внутрішньолінійні поєднання Піон × Піон (13 кобил), Барчук × Запад (враховуючи, що відгалуження Запада походить з лінії Барчука) (9 кобил), а також кроси Запад × Піон (10 кобил) та Запад × Ісполнітєльний (9 кобил). За рекордною жвавістю переважали кобили, одержані у кросах Воїн × Піон (134,1±3,07 с), Ісполнітєльний × Запад (134,6±3,89 с), Пілот × Піон (134,8±4,76 с). Таким чином, ці поєднання є найбільш ефективними у підборах батьківських пар для отримання найжвавіших кобил до репродуктивного складу.

Бібліографічний список

1. Гопка Б. М., Скоцик В. Є., Зламанюк Л. М.. Сучасне і майбутнє орловського рисака. *Науковий вісник НУБіП.* Серія «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». Вип. 114. 2018. С. 99–107.

2. Гопка Б. М., Скоцик В. Е. Генеалогия орловских рысаков класса 2.05. К: Випол, 2018. С. 400.

3. Ларіна Н. О. Поєднуваність ліній в орловській рисистій породі коней. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. Харків, 2006. № 92. С. 54 – 57.

4. Гопка Б. М., Ткачук В. М. Жвавість і скороспілість орловських рисаків. *Сучасний стан та перспективи розвитку аграрного сектору України: Зб. наукових праць*. Ніжин, 2018. № 10. С. 32–37.

5. Глушак І.І. Характеристика жеребців-плідників орловської породи за генотипом та роботоздатністю. *Мат. ІІ Всеукр. наук.-практ. конф. «Годівля коней. Сучасний стан галузі. Проблеми та перспективи»* (Дніпропетровськ, 10-11 березня 2005 р.). ДДАУ-ІТ НААН, 2005. С.87-93.

6. Соболь О. М. Использование генетических показателей резвости лошадей орловской рысистой породы в племенной работе: дис... канд. с.-х. наук: 06.02.01 / О. М. Соболь. Х., 1993. 190 с.

7. Ткачова І.В., Фролова Г.О. Генеалогічні лінії в орловській рисистій породі української частини популяції. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. Харків, 2020. № 123. С.184-193. DOI 10.32900/2312-8402-2020-123-184-193

8. Буренко А.В. Ефективність підборів батьківських пар при отриманні орловських рисаків класу 2.05 і жвавіше за комплексом селекційних ознак. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. Харків, 2019. № 122. С.60-73.

9. Скоцик В. Є. Селекційно-генетичні фактори формування високої жвавості коней рисистої породи: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. с.-х. наук: 06.02.01 «Розведення та селекція тварин». / В. Є. Скоцик. К., 1998. 23 с.

10. Буренко А. В. Інбридинг у родоводах орловських рисаків класу 2.05. *Таврійський науковий вісник.* 2018. № 100. Т. 1. С. 141-149.

11. Барановський Д. І., Брагінець О. М., Хохлов А. М. Біометрія в програмному середовищі MS Excel: навчальний посібник. Харків: СПД ФО Бровін О.В., 2017. 90 с.

References

1. Hopka, B. M., Skotsyk V. Ye., & Zlamaniuk L. M. (2018). Suchasne i maibutnie orlovskoho rysaka [Present and future of the Orlov's Trotter]. *Naukovyi visnyk NUBiP. Seriia «Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva».* 114, 99–107 [in Ukranian].

2. Hopka, B. M., & Skotsyk, V. E. (2018). .*Henealohyia orlovskykh rysakov klassa 2.05* [Genealogy of Orlov's trotters of class 2.05]. Kyiv : Vipol. 400 [in Ukranian].

3. Larina N. O. (2006). Poiednuvanist linii v orlovskii rysystii porodi konei [The compatibility of lines in the Oryol constitutive breed of horses]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN.* Kharkiv, 92. 54–57. [in Ukranian]

4. Hopka, B. M., & Tkachuk, V. M. (2018). Zhvavist i skorospilist orlovskykh rysakiv [Speed and precocity of the Orel Trotters]. *Suchasnyi stan ta perspektyvy*

rozvytku ahrarnoho sektoru Ukrainy. Zb. naukovykh prats. Nizhyn. 10, 32–37 [in Ukranian].

5. Hlushak, I. I. (2005). Kharakterystyka zherebtsiv-plidnykiv orlovskoi porody za henotypom ta robotozdatnistiu. [Characteristics of breeding stallions of the Orlov's breed by genotype and working capacity]. Mat. II Vseukr. nauk.-prakt. konf. «Hodivlia konei. Suchasnyi stan haluzi. Problemy ta perspektyvy» (Dnipropetrovsk, 10-11 bereznia 2005 r.). Dnipropetrovskyi derzhavnyi ahrarnyi universytet – Instytut tvarynnytstva NAAN. 87-93. [in Ukranian].

6. Sobol, O. M. (1993). Yspolzovanye henetycheskykh pokazatelei rezvosty loshadei orlovskoi risystoi porody v plemennoi rabote [The use of genetic indicators of agility of horses of the Oryol trotting breed in breeding work]. (Candidate's thesis). Kharkiv, 190. [in Russian].

7. Tkachova, I. V., & Frolova, G. O. (2020). Genealogichni liniï v orlovs'kij risistij porodi ukraïns'koï chastini populyaciyi [Genealogical lines in the Orlov's Trotter of the Ukrainian part of the population]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN – Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine.* Kharkiv, 123. 184-193. DOI 10.32900/2312-8402-2020-123-184-193. [in Ukranian].

8. Burenko, A. V. (2019). Efektyvnist pidboriv batkivskykh par pry otrymanni orlovskykh rysakiv klasu 2.05 i zhvavishe za kompleksom selektsiinykh oznak [The effectiveness of selection of parent pairs in obtaining Oryol trotters of class 2.05 and more lively according to a complex of selection traits. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN – Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine.* Kharkiv, 122. 60-73. [in Ukranian].

9. Skotsyk, V. Ye. (1998). Selektsiino-henetychni faktory formuvannia vysokoi zhvavosti konei rysystoi porody [Selection and genetic factors of formation of high livelness of horses of the trotting breed]: (Extended abstract of candidate's thesis). 23. [in Ukranian].

10. Burenko, A. V. (2018). Inbrydynh u rodovodakh orlovskykh rysakiv klasu 2.05 [Inbreeding in the Orlov Trotter's bloodlines (class 2.05)]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk.* № 100. T. 1. 141-149. [in Ukranian].

11. Baranovskyi, D. I., Brahinets. O. M., & Khokhlov. A. M. (2017). Biometriia v prohramnomu seredovyshchi MS Excel: navchalnyi posibnyk. [Biometrics in the MS Excel software environment]. Kharkiv: SPD FO Brovin O. V. 90. [in Ukranian].

EFFICIENCY OF SELECTION MODELS ACCORDING TO GENEALOGICAL GROUPS IN OBTAINING BREEDING MARES IN THE ORLOV'S TROTTER OF THE UKRAINIAN POPULATION

Tkachova I. V., Institute of Animal Science NAAS.

Frolova G. O., State Enterprise "Agency for identification and registration of animals".

Platonova N. P., Institute of Animal Science NAAS.

The object of research was the Ukrainian massif of breeding mares of the Orlov's Trotter, registered on January 1, 2022 (n=194). The 75.1% (145 mares) of all breeding mares were tested on hippodromes. It was determined that there were low-level negative correlations between mares' agility indicators and body measurements. However, positive relations were established analyzing the correlations between the record agility and the measurements of the mares of different studs.

It was determined that mares tested at the Kyiv Hippodrome with a high probability (p>0.95-0.99) prevailed in terms of agility of herdmates tested at the Odessa Hippodrome, both in terms of record agility and agility revealed in all age periods.

There were found 299 Orlov's Trotters of the 2.10 min agility class and more lively, of which 25 horses entered the 2.05 min and faster, 2 horses - to class 2.00 min and faster during the selection period from 2001 to 2021. It was determined that mares of the Orlov's Trotters of the Ukrainian population of the agility class of 2.05 min were not found to be faster, the fastest mare in the modern reproductive composition is Antalya 2.05,7, gray, 2014 (Aphorism - Artistka) of the Dibrivsky stud. Of all tested mares, only 13.8% have a high class of agility 2.10 min faster. The predominant number of mare's agility class's 2.10.1-2.15.0 min (31.1%) 2.15.1-2.20 min (24.1%).

Based on the analysis of pedigrees, it was determined that the domestic population of the Orlov's Trotter is structured according to 8 genealogical lines and 32 maternal families. The most developed region in terms of both stallions and mares is Barchuk-Zapad line (40.6 and 31.4%, respectively).

The largest number of tested mares comes from the breeding line Barchuk-Zadap and Pion lines. The highest record agility for the distance of 1600 m belongs to mares Voin (136.6±1.75 s), Barchuk (136.8±1.25 s), Ispolnitielny (137.3±4.19 s), Boltik (137.6 ±5.11 s) and Pilot (137.7±2.44 s) lines. The most precocious (the fastest in a 2-year-old mare) are Ispolnitielnyi (145.7±3.78 s), Barchuk (147.3±1.27 s), Barchuk-Zapad (147.8±1.45 s) lines.

The 53 genealogical combinations were recorded in the studied array of mares. The most numerous interlineal combinations were Pion × Pion (13 mares), Barchuk × Zapad (taking into account that the Zapad branch originates from the Barchuk line) (9 mares), as well as crosses Zapad × Pion (10 mares) and Zapad × Ispolnitielny (9 mares). In terms of record agility, there prevailed mares obtained from crosses Voin × Pion (134.1±3.07 s), Ispolnitielnyi × Zapad (134.6±3.89 s), Pilot × Pion (134.8±4.76 s). Thus, these combinations are the most effective in selecting parental pairs to obtain the fastest mares for the reproductive population.

Keywords: horses, Orlov's Trotter breed, breeding mares, genealogical combinations, lines, maternal families, generation, selection traits

DOI 10.32900/2312-8402-2022-128-198-207
УДК 636.15

ДИНАМІКА РОЗВИТКУ ТА СУЧАСНИЙ СТАН НОВООЛЕКСАНДРІВСЬКОЇ ВАГОВОЗНОЇ ПОРОДИ НА ФІЛІЇ „ДІБРІВСЬКИЙ КІННИЙ ЗАВОД № 62" ДП „КОНЯРСТВО УКРАЇНИ"

Юсюк-Омельницька Т. А., к. с.-г. н. https://orcid.org/0000-0002-0309-7181
Буренко А. В., https://orcid.org/0000-0003-1759-0652
ДП "Конярство України"

У статті проаналізовано генеалогічну структуру новолександрівської ваговозної породи Дібрівського кінного заводу № 62. Станом на сьогодні на філії "Дібрівський кінний завод № 62" державного підприємства "Конярство Украї-

ни" утримуються 49 представників даної породи, з них 3 жеребці-плідники, 28 кобил основного стада та шлейф молодняку. Жеребці належать до трьох ліній – Кокетливого, Тантала і Градуса.

Налічується дві родини: 166 Репетиції (n=9), Рознарядки (n=3) та три гнізда: 239 Тетіви (n=8), 176 Руди (n=1), Фактури (n=2). Дані родини і гнізда сформувалися саме в Дібрівському кінному заводі. Формується ще чотири гнізда – Фірми (n=5), Рябінки (n=3), Жерухи (n=3) та Рябушки (n=2).

Більша кількість кобил належить до лінії Тантала – 23 голови, Кокетливого – 7, Градуса – 5 голів і до лінії Капітена, яка пішла повністю в матки, – 1 кобила.

Досліджено мінливість промірів основного поголів'я коней та молочну продуктивність кобил з 2015 по 2021 роки. Проміри кобил за останні роки значно збільшилися, що веде до укрупнення представників породи та суперечить вимогам до промірів новоолександрівської ваговозної породи. Максимальний поріг показника "висота в холці" перевищують двадцять три кобили, що складає 76,7% маточного складу.

На філії "Дібрівський кінний завод № 62" сезонне доїння кобил, з 01 травня по 01 жовтня (5 місяців або 150 днів). Молочна продуктивність кобил з 2015 по 2021 роки знизилася на 275,6-454,6 л, коефіцієнт варіації збільшився від 18,33 до 38,90 при зменшені дійного поголів'я кобил.

Питання про взаємозв'язок живої маси з молочною продуктивністю дуже актуальне, особливо при формуванні дійного табуна з кобил ваговозних порід, які характеризуються високою молочністю. Вплив на молочну продуктивність живої маси, як одного з показників розвитку тварин, вивчався багатьма авторами. Формули з розрахування живої маси базуються на таких показниках промірів, як висота у холці та обхват грудей. Відповідно, якщо збільшуються проміри – збільшується жива маса тварини.

Визначено показники відтворення кобил основного складу за 11 років. Середня зажеребляємість кобил за 11 років 70,2%. Середній вихід лошат на 100 кобил становить 63,9% при 95,6% благополучного вижеребления. Такий вихід лошат можна обгрунтувати залежністю від % запліднених кобил ($r = 0,67$; $p<0,01$). Ця залежність чітко спостерігається у 2018 – 2019 рр., при заплідненості 54,5 і 55,2 вихід лошат відповідно становив 54,5 і 53,3 при 100% благополучному вижеребленні.

Втрати лошат за рахунок абортів, слабо- та мертвонароджених за 11 років склали в середньому 3,3%, що не перевищує технологічні вимоги (5%).

Ключові слова: **новолександрівська ваговозна порода, молочна продуктивність, маточні родини, чоловічі лінії, проміри тіла, відтворення.**

Останніми десятиріччями конярство взагалі і новоолександрівська ваговозна порода коней зокрема зазнала значного скорочення генофонду. Наразі базовий кінний завод - Новоолександрівський - з найбільш чисельним і цінним поголівям цієї породи залишається на окупованій території. За декілька років зникли приватні підприємства, які займалися розведенням цієї породи. Ситуація в породі сумна, ще на 01.01.1990 року в Україні поголів'я становило 42 200 голів, через 15 років загальна кількість суб'єктів племінної справи скоротилася до 9 (2 кінних заводи та 7 репродукторів), а кількість коней племінного ядра становила 208 голів, у тому-числі 19 жеребців-плідників та 190 маток. Чисельність генеалогічних ліній скоротилася до трьох: 1390 Тантала (7 плідників і 49 маток), 935 Кокетливого (5

плідників і 33 матки) та 909 Градуса. "Пішли в матки" лінії 169 Газона, 596 Подьонщика, 200 Капітена [1, 5, 6].

На сьогоднішній день представники даної породи залишились на філії "Дібрівський кінний завод № 62" державного підприємства "Конярство України" та у малочисельних приватників.

Ефективність племінної роботи в конярстві та економіка галузі значною мірою залежать від відтворної здатності жеребців і кобил. Практика останніх десятиріч свідчить про те, що навіть за оптимальної годівлі у кобил заводських порід спостерігається значне зниження запліднюваності та висока смертність ембріонів [7]. В молочному конярстві проведено дослідження по виявленню зв'язку інтенсивного доїння з відтворенням кобил. Результати дозволяють зробити висновок – інтенсивність молокоутворення за весь період господарського використання кобил ваговозних порід не робить негативного впливу на їх відтворювальні здатності. Це має важливе значення в практичній діяльності стаціонарних кумисних ферм [9].

Показником відтворення поголів'я у конярстві є вихід лошат у розрахунку на 100 кобил. Враховують відсоток жеребних кобил від кількості спарованих, частку тих кобил, що абортували і народили мертвих лошат та інші показники, які комплексно впливають на вихід ділових лошат. Ці показники пов'язані з економічною ефективністю виробництва. Тому аналіз відтворної здатності та дослідження причин її варіації є передумовою об'єктивної оцінки в галузі тваринництва [2].

Матеріал та методи досліджень. Використані матеріали первинного зоотехнічного обліку філії "Дібрівський кінний завод № 62" у тому числі бонітування коней та відомості вижереблення і парування, а також Державні книги племінних коней новоолександрівської ваговозної породи (1, 2 томи). Результати статистично опрацьовані та проаналізовані.

Результати досліджень. На філії "Дібрівський кінний завод № 62" державного підприємства "Конярство України" утримаються 49 представників даної породи, з них 3 жеребці-плідники, 28 кобил основного стада та шлейф молодняку. Жеребці належать до трьох ліній – Кокетливого, Тантала і Градуса. Налічується дві родини: 166 Репетиції (n=9), Рознарядки (n=3) та три гнізда: 239 Тетіви (n=8), 176 Руди (n=1), Фактури (n=2). Дані родини і гнізда сформувалися саме в Дібрівському кінному заводі. Формується ще чотири гнізда – Фірми (n=5), Рябінки (n=3), Жерухи (n=3) та Рябушки (n=2). Більша кількість кобил належить до лінії Тантала – 23 голови, Кокетливого – 7, Градуса – 5 голів і до лінії Капітена, яка пішла повністю в матки, – 1 кобила.

З посиланням на ІІ том Державної книги племінних коней новоолександрівської ваговозної породи (2015 рік), найбільш бажаними промірами вважалися: висота у холці 150,7 – 152,8 см, коса довжина тулуба 160,3 – 162,2 см; обхват грудей 193,5 – 197,0 см та обхват п'ястка 21,5 – 22,0 см.

В таблиці 1 наведена динаміка промірів кобил новоолександрівської ваговозної породи основного поголів'я Дібрівського кінного заводу № 62 з 2001 по 2022 роки.

Таблиця 1

Проміри та індекси будови тіла кобил основного складу

Всього кобил, гол.	Промір, см (M±m)				Індекс, %		
	висота в холці	коса довжина тулуба	обхват грудей	обхват п'ястка	формату	масивності	костистості
за стандартом породи [3]							
-	150,7 – 152,8	160,3 – 162,2	193,5 – 197,0	21,5 – 22	106,2	121,1	14,3
2001 рік							
24	149,6 ± 0,5	157,6 ± 1,7	193,8 ± 1,2	21,3 ± 0,1	105,3	129,5	14,2
2013 рік [4]							
28	152,9 ± 1,09	160,6 ± 1,32	193,3 ± 2,27	21,7 ± 0,16	105,0	126,4	14,2
2016 рік [10]							
30	152,8 ± 0,79	166,9 ± 1,60	198,4 ± 1,69	22,7 ± 0,21	109,3	129,8	14,8
2022 рік							
30	160,5 ± 0,81	165,4 ± 1,01	205,9 ± 1,21	23,6 ± 0,13	103,0	128,3	14,7

Проміри кобил за останні роки значно збільшилися, що веде до укрупнення представників породи і суперечить вимогам до промірів новоолександрівської ваговозної породи. Відповідно до програми "Селекції коней новоолександрівської ваговозної породи до 2020 року", відбір у відтворювальний склад у віці 3 – 5 років необхідно здійснювати за наступними показниками (табл. 2) [8].

Таблиця 2

Проміри коней відтворювального складу

Показники, см	Бажані проміри за програмою селекції	Дібрівський кінний завод № 62
	жеребці	**жеребці (n=3)**
Висота в холці	154-157	158-163
Коса довжина тулубу	162-174	168-178
Обхват грудей	196-210	196-219
Обхват п'ястка	22,5-23,5	23,0-27,5
	кобили	**кобили (n=30)**
Висота в холці	152-156	152-169
Коса довжина тулубу	160-172	156-179
Обхват грудей	190-205	196-224
Обхват п'ястка	21,5-22,5	22,0-25,0

Максимальний поріг показника “висота в холці” перевищують двадцять три кобили, що складає 76,7% маточного складу.

До програми “Селекції коней новоолександрівської ваговозної породи до 2020 року”, включили відбір у відтворювальний склад кобил за молочністю. Добирати у відтворювальний склад кобил-дочок основних маток, які оцінені за молочною продуктивністю по перших двох роках використання за умови їх продуктивності не менше 1700 кг молока за п’ять місяців лактації, і за оцінкою технологічної придатності вим’я до доїння та легкість віддачі молока [8].

Досліджено і показано рівень молочної продуктивності кобил з 2015 року до 2021 (таб. 3).

Таблиця 3

Мінливість молочної продуктивності кобил новоолександрівської ваговозної породи за роками, л

Рік*	Кількість голів, n	Показники молочної продуктивності	
		M±m	C_v
2015	13	1946,4 ± 98,96	18,33
2016	20	2125,4 ± 102,12	21,49
2017	12	1801,7 ± 148,06	28,47
2018	19	1785,8 ± 156,24	38,14
2021	13	1670,8 ± 180,24	38,90

*Примітка. *2019 р. контрольне доїння не проводилось; 2020 р. доїння не проводилося у зв’язку з поширенням коронавірусної хвороби*

З таблиці видно, що молочна продуктивність кобил з роками знизилася на 275,6-454,6 л, коефіцієнт варіації збільшився від 18,33 до 38,90 при зменшенні дійного поголів’я кобил. Середній надій у 2013 році менше за вимогу у програмі “Селекції коней новоолександрівської ваговозної породи до 2020 року”, щодо проведення відбору у відтворювальний склад кобил за умови їх продуктивності не менше 1700 кг молока.

За результатами дослідів 2015-2017 рр., кобили новоолександрівської ваговозної породи з більшою живою масою мали продуктивність молока до 2000 л (оптимальна жива маса кобил новоолександрівської ваговозної породи знаходиться у межах 500 – 600 кг). Найбільша молочна продуктивність була у кобил із середньою живою масою. Спостерігалася тенденція до збільшення індексу молочності при зменшенні живої маси (Рис.1). Було доведено збільшення індексу молочності при зменшенні живої маси ($r=-0,63$; $p<0,001$), крім цього зі збільшенням віку і кількості лактацій вірогідно збільшується показник індексу молочності ($r=0,59$; $p<0,01$). Чим більше молока виробляє тварина на одиницю своєї маси, тим краще оплачує корм [10].

Питання про взаємозв’язок живої маси з молочною продуктивністю дуже актуальне, особливо при формуванні дійного табуна з кобил ваговозних порід, які характеризуються високою молочністю. Вплив на молочну продуктивність живої маси, як одного з показників розвитку тварин, вивчався багатьма авторами. Формули з розрахування живої маси базуються на таких показниках промірів, як висота у холці та обхват грудей. Відповідно, якщо збільшуються проміри – збільшується жива маса тварини.

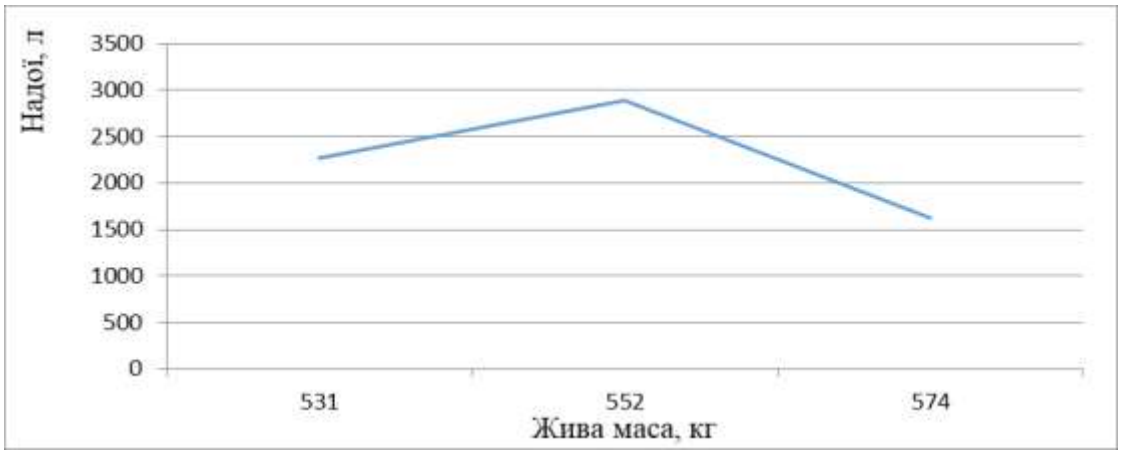


Рис. 1. Зв'язок рівня молочної продуктивності із живою масою кобил

Більшість авторів виражають думку про необхідність встановлення оптимального рівня живої маси тварин, за якого оплата корму продукцією буде високою, а виробництво молока найбільш рентабельним [9].

На філії "Дібрівський кінний завод № 62" знаходиться 30 кобил репродуктивного віку: 28 голів основного складу та 2 голови вперше підуть на парування у наступному році. Показники відтворення кобил основного складу за останні 10 років наведені у таблиці 4.

Таблиця 4

Показники відтворення кобил основного складу

Показник, гол.	**Роки**										
	2012	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Всього кобил	27	26	22	27	29	31	33	30	26	20	24
Спаровано	24	24	22	22	29	31	33	29	26	20	19
Прохолостіло	4	7	4	7	6	9	15	13	8	5	5
Зажеребіло	20	17	18	15	23	22	18	16	18	15	14
% жеребних кобил	74,1	70,8	81,8	68,2	79,3	70,9	54,5	55,2	69,2	75,0	73,6
Абортувало	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Слабо-народжених	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Мертво-народжених	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
Двійня	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Отримано лошат	16	17	17	15	22	21	18	16	18	15	12
% благополучного вижеребления	80,0	100	94,4	100	95,6	95,4	100	100	100	100	85,7
Середній вік кобил основного стада, років	9,9	10,4	10,7	9,7	9,9	9,5	9,6	9,7	10,6	10,6	10,5
Вихід лошат на 100 кобил, %	59,2	65,4	77,3	55,5	75,9	67,7	54,5	53,3	69,2	75,0	50,0

Середня зажеребляємість кобил за 11 років 70,2%. Середній вихід лошат на 100 кобил становить 63,9% при 95,6% благополучного вижеребления. Такий вихід лошат можна обгрунтувати залежністю: % благополучного вижеребления від % запліднених кобил ($r = 0,67$; $p<0,01$). Цю залежність чітко видно у 2018 – 2019 рр., при заплідненості 54,5 і 55,2 вихід лошат відповідно становив 54,5 і 53,3 при 100% благополучному вижеребленні. Відповідно від кількості жеребних кобил залежить кількість кобил які підуть у сезон доїння.

Втрати лошат за рахунок абортів, слабо- та мертвонароджених за 11 років склали в середньому 3,3%, що не перевищує технологічні вимоги (5%).

Відповідно до даних таблиці низький вихід лошат на 100 кобил спостерігається через прохолости і те, що кобили не прийшли в охоту. Це зумовлено відсутністю стимуляції охоти відповідними ветпрепаратами та групове утримання кобил, що в свою чергу унеможливлює індивідуальний контроль.

Середній вік кобил основного складу залишається незмінним, у межах 10 років.

Висновки:

1. На філії "Дібрівський кінний завод № 62" жеребці належать до трьох ліній – Кокетливого, Тантала і Градуса. Налічується дві родини: 166 Репетиції, Рознарядки та три гнізда: 239 Тетіви, 176 Руди, Фактури. Формується ще чотири гнізда – Фірми, Рябінки, Жерухи та Рябушки.

2. Проміри коней новоолександрівської ваговозної породи основного складу філії "Дібрівський кінний завод № 62" не відповідають стандарту породи і набагато перевищують їх. Максимальний поріг показника "висота в холці" перевищують двадцять три кобили, що складає 76,7% маточного складу.

3. Відбір у відтворювальний склад у віці 3 – 5 років необхідно здійснювати за промірами згідно програми селекції, що напряму впливає на встановлення оптимального рівня живої маси тварин, за якого оплата корму продукцією буде високою, а виробництво молока найбільш рентабельним.

4. Низькі показники, виходу лошат на 100 кобил, кількість запліднених кобил спостерігаються через прохолости та не достатній контроль за перебігом статевої охоти. Необхідно перевести кобил основного складу до денникового утримання, що підвищить контроль за статевим циклом і перебігом вагітності.

5. При збільшенні кількості запліднених кобил, збільшиться кількість кобил у період доїння, що дозволить вести селекцію за молочною продуктивністю.

Бібліографічний список:

1. Волков Д. А., Ткачова І. В., Корнієнко О. О. Сучасний стан та напрямки подальшої роботи по вдосконаленню та розвитку новоолександрівських ваговозів. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН.* Харків, 2009. № 101. С. 93-103.

2. Гопка Б. М, Скоцик В. Є., Павленко П. М. Практикум з конярства: навч. посіб. Київ : Колос, 2011. 380 с.

3. Державна книга племінних коней новоолександрівської ваговозної породи. ред. С. В. Лютих, Д. А. Волкова. Київ, 2003. Т. І. 316 с.

4. Державна книга племінних коней новоолександрівської ваговозної породи/ Авт. кол.: О. О. Ткаченко, І. В. Ткачова, В. В. Яцуценко, К. В. Гданська. Міністерство аграрної політики та продовольства України, НААН, Інститут тваринництва. Харків, 2015. Т. ІІ. 170 с.

5. Лютих С. В. Сучасний стан генеалогічної структури новоолександрівської ваговозної породи коней та перспективні напрямки її розвитку. *Науково-*

технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН. Харків, 2015. № 113. С. 127-135

6. Павловський С. С., Ткачова І. В. Генеалогічна структура новоолександрівської ваговозної породи коней. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН.* Харків, 2019. № 122. С. 130-138. https://doi.org/10.32900/2312-8402-2019-122-130-138

7. Платонова Н. П., Зламанюк Л. М. Показники відтворення кобил новоолександрівської ваговозної породи дібрівського кінного заводу. Наукові доповіді НУБіП України. 2018. № 2 (72).

8. Програма селекції коней новоолександрівської ваговозної породи до 2020 року [Волков Д. А., Лютих С. В., Россоха В. І, Тур Г. М., Бровко О. В.(Інститут тваринництва НААН)]; за ред. І.В.Ткачової. Х. : Інститут тваринництва НААН, 2014. 56 с.

9. Чиргин Е. Д. Особенности лактации кобыл тяжеловозных пород и селекционно-генетические показатели их отбора по молочной продуктивности: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук. Казань. 1998. 18 с.

10. Юсюк Т. А. Удосконалення методів оцінки молочної продуктивності кобил: автореф. дис. на здобуття вченого ступеню к. с.-г. наук. Київ, 2018. 21 с.

References

1. Volkov, D. A., Tkachova, I. V., & Korniyenko, O. O. (2009). Suchasnyy stan ta napryamky podal′shoyi roboty po vdoskonalennyu ta rozvytku novooleksandrivs′kykh vahovoziv [The current state and directions of further work on the improvement and development of Novoaleksandrovskaya heavy breed]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN – Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine*. Kharkiv, № 101. 93-103. [in Ukrainian].

2. Hopka, B. M, Skotsyk, V. Ye., & Pavlenko, P. M. (2011). *Praktykum z konyarstva* [Workshop on horse breeding]: navch. posib. Kyyiv : Kolos, 380 [in Ukrainian].

3. Lyutykh, S. V., & Volkova, D. A. (Ed.). (2003). *Derzhavna knyha pleminnykh koney novooleksandrivs'koyi vahovoznoyi* [The state book of stud horses of Novoaleksandrovskaya heavy breed] Kyyiv, I. 316. [in Ukrainian].

4. Tkachenko, O. O., Tkachova, I. V., Yatsutsenko, V. V., & Hdans′ka, K. V. (2015). *Derzhavna knyha pleminnykh koney novooleksandrivs'koyi vahovoznoyi porody* [State book of tribal horses of Novoaleksandrovskaya heavy breed] Ministerstvo ahrarnoyi polityky ta prodovol′stva Ukrayiny, NAAN, Instytut tvarynnytstva. Kharkiv, Vol. II. 170 s. [in Ukrainian].

5. Lyutykh, S. V. (2015). Suchasnyy stan henealohichnoyi struktury novooleksandrivs′koyi vahovoznoyi porody koney ta perspektyvni napryamky yiyi rozvytku [The current state of the genealogical structure of Novoaleksandrovskaya heavy breed and prospective directions of its development] *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN – Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine.* Kharkiv, № 113. 127-135 [in Ukrainian].

6. Pavlovs′kyy, S. S., & Tkachova, I. V. (2019). Henealohichna struktura novooleksandrivs′koyi vahovoznoyi porody koney [The genealogical structure of Novoaleksandrovskaya heavy breed] *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN – Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal*

Science of the National Academy of Agrarian Science of Ukraine. Kharkiv, № 122. 130-138. https://doi.org/10.32900/2312-8402-2019-122-130-138 [in Ukrainian].

7. Platonova, N. P., & Zlamanyuk, L. M. (2018). Pokaznyky vidtvorennya kobyl novooleksandrivs′koyi vahovoznoyi porody dibrivs′koho kinnoho zavodu [Reproduction indicators of mares of Novoaleksandrovskaya heavy breed of the Dibriv stud farm]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrayiny*. № 2 (72). [in Ukrainian].

8. Volkov, D. A., Lyutykh, S. V., Rossokha, V. I, Tur, H. M., Brovko, O. V. & Tkachova I. V. (Ed.) (2014). Prohrama selektsiyi koney novooleksandrivs′koyi vahovoznoyi porody do 2020 roku [The breeding program of horses of Novoaleksandrovskaya heavy breed until 2020] Kharkiv : Instytut tvarynnytstva NAAN, 56. [in Ukrainian].

9. Chirgin, Ye. D. (1998). Osobennosti laktatsii kobyl tyazhelovoznykh porod i selektsionno-geneticheskiye pokazateli ikh otbora po molochnoy produktivnosti [Features of lactation of mares of heavy draft breeds and selection and genetic indicators of their selection for milk productivity]. (Extended abstract of candidate's thesis). Kazan'. [in Russian].

10. Yusiuk, T. A. (2018). Udoskonalennya metodiv otsinky molochnoyi produktyvnosti kobyl [Improvement of methods of assessment of milk productivity of mares]. (Extended abstract of candidate's thesis). Kyyiv [in Ukrainian].

DYNAMICS OF DEVELOPMENT AND CURRENT STATUS OF THE NOVOALEXANDROVSKY DRAFT HORSE AT THE BRANCH "DIBRIVSKY STUD FARM № 62" SE "UKRAINE HORSE BREEDING"

Yusiuk-Omelnytska T. A. Burenko A.V., SE "Ukraine horse breeding"

The article analyzes the genealogical structure of the Novolexandrov draft breed of the Dibrivsky stud farm No. 62. As of today, 49 representatives of this breed, including 3 breeding stallions, 28 mares of the main herd and foals are kept at the branch "Dibrivsky stud farm No. 62" of SE "Ukraine horse breeding". The stallions belong to three male lines which are Koketlyvyi, Tantal and Hradus.

There are two mare's families that are 166 Repetytsiyi (n=9), Roznaryadky (n=3) and three groupsnamely 239 Tetivy (n=8), 176 Rudy (n=1), Faktury (n=2). These mare's families and groups were formed precisely at the Dibrivsky stud farm. Four more groups have been formed that are Firma (n=5), Ryabinka (n=3), Zherukha (n=3) i Ryabushka line (n=2).

The largest number of mares families belongs to the Tantal male line (23 heads), Koketlyvyi (7 heads), Hradus (5 heads) and to the Kapiten line, which went completely into the mare's families, (1 mare).

The variability of the measurements of the main stock of horses and the milk productivity of mares from 2015 to 2021 were studied. The body measurements of mares have increased significantly in recent years, which leads to the consolidation of representatives of the breed and contradicts the requirements for the measurements of the Novolexandrov draft breed. Twenty-three mares exceed the maximum threshold of the "withers height" indicator, which is 76.7% of the brood stock.

At the Dibrivsky stud farm a seasonal milking of mares lasts from May 1 to October 1 (5 months or 150 days). The milk productivity of mares decreased by 275.6-454.6 liters from 2015 to 2021, the coefficient of variation increased from 18.33 to 38.90 with a decrease in the number of lactating mares.

The question of the correlation between live weight and milk productivity is very relevant, especially during forming a dairy herd from mares of draft breeds which are characterized by high milkability. Many authors have studied the influence of live

weight on dairy productivity, as one of the indicators of animal development. Formulas for calculating live weight are based on measurements such as withers height and chest girth. Accordingly, if the measurements increase, the live weight of the animal increases.

The indicators of reproduction of mares of the main composition for 11 years were determined. The average fertility of mares for 11 years is 70.2%. The average yield of foals per 100 mares is 63.9% with 95.6% successful foaling. This foal crop can be justified by the dependence on the % of fertilized mares ($r = 0.67$; $p<0.01$). This correlation was accurately observed in 2018-2019, with a fertilization rate of 54.5 and 55.2, the foal crop was 54.5 and 53.3 accordingly with 100% successful foaling.

Losses of foals due to abortions, weak and stillborns have amounted to an average of 3.3% for 11 years, which does not exceed technological requirements (5%).

Keywords: Novoaleksandrivsky draft horse, milk productivity, mare's families, male lines, body measurements, reproduction

ЗМІСТ

EFFECT OF A DIETARY SUPPLEMENTATION OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE MUGL 39885 ON FATTENING PERFORMANCE IN GROWING COMMERCIAL RABBITS AND A META-ANALYSIS
Platonova N. P. …… 4

DOSE-DEPENDENT ALTERATIONS IN THE BIOMARKERS OF LIPID AND PROTEIN OXIDATION IN THE MUSCLE TISSUE OF RAINBOW TROUT (ONCORHYNCHUS MYKISS WALBAUM) AFTER IN VITRO TREATMENT BY EXTRACTS OF GREAT CELANDINE (CHELIDONIUM MAJUS L.)
Stefanowski N., Tkachenko H., Kurhaluk N., Aksonov Ie. 21

ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF COMMERCIALLY AVAILABLE CAYEPUT ESSENTIAL OIL AGAINST DIFFERENT GRAM-POSITIVE AND GRAM-NEGATIVE BACTERIA
Stefanowski N., Tkachenko H., Kurhaluk N., Opryshko M., Gyrenko O., Maryniuk M., Buyun L. 36

ORAL VACCINATION AGAINST YERSINIA RUCKERI: OXIDATIVE STRESS BIOMARKERS IN THE GILLS OF RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS WALBAUM*)
Tkachenko H., Kurhaluk N., Grudniewska J., Pękala-Safińska A. 45

СЕЗОННІ ЗМІНИ ПРОДУКТИВНОСТІ ПЕРВІСТОК ЗА РІЗНИХ УМОВ УТРИМАННЯ
Адмін О. Є., Адміна Н. Г., Трішин О. К., Піскун В. І., Осипенко Т. Л., Панченко О. М. 61

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНИХ ОЗНАК У ТЕЛИЦЬ ТА НЕТЕЛЕЙ ПІД ВПЛИВОМ ПАРАТИПОВИХ ФАКТОРІВ
Антоненко С. Ф., Піскун В. І., Адміна Н. Г., Адмін О. Є., Золотарьов А. П., Трішин О. К. 72

ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВОВНИ ОВЕЦЬ ПРИДНІПРОВСЬКОЇ М'ЯСНОЇ ПОРОДИ РІЗНОЇ СТАТІ ТА ГЕНОТИПУ
Бойко Н. В., Корх І. В., Помітун І. А., Косова Н. О., Руденко Є. В. 80

АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ЧАСТОТ ГАПЛОТИПІВ ЗА ЛОКУСАМИ CSN2 ТА CSN3 У ПОПУЛЯЦІЇ КОРІВ УКРАЇНСЬКОЇ ЧОРНО-РЯБОЇ МОЛОЧНОЇ ПОРОДИ
Кулібаба Р. О., Сахацький М. І., Ляшенко Ю. В. …….. 94

ВПЛИВ РОЗЧИНІВ РІЗНОЇ ОСМОЛЯРНОСТІ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ 15-32-КЛІТИННИХ ЕМБРІОНІВ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ
Лісін В. І., Хмельков В. М., Бугров О. Д., Дібіров М. К. 104

ДОРОБОК ВЧЕНИХ ВІДДІЛУ БІОТЕХНОЛОГІЇ РЕПРОДУКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН ІНСТИТУТУ ТВАРИННИЦТВА НААН У РОЗВИТОК ГАЛУЗІ ВІДТВОРЕННЯ СВИНЕЙ (ОГЛЯДОВА)
Мартинюк І. М. 118

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ І НОРМАТИВІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ СТВОРЕННІ ПІДПРИЄМСТВ МАЛОЇ ВИРОБНИЧОЇ ПОТУЖНОСТІ
Марченко В. А., Трішин О. К., Чигринов Є. І., Дроздов С. Є., Петраш В.С., Адміна Н. Г, Ткачов А. В., Пономарьова В. В. 130

ТЕХНОЛОГІЯ УТРИМАННЯ БДЖІЛ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ АКТИВНОСТІ ГІГІЄНІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ
Маслій І. Г. ……..…… 140

ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ РЕМОНТНОГО МОЛОДНЯКУ ІНДИКІВ НА РЕГЕНЕРОВАНІЙ ПІДСТИЛЦІ
Мельник В. О., Рябініна О. В., Комар Т. В. 151

РІВЕНЬ ГЕТЕРОЗИСУ ТА СТУПІНЬ ФЕНОТИПОВОГО ДОМІНУВАННЯ ОСНОВНИХ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ОЗНАК У ГІБРИДІВ F1 ШОВКОВИЧНОГО ШОВКОПРЯДА (*BOMBYX MORI* L.)
Панченко О. М., Маркіна Т. Ю. 162

ВПЛИВ РІЗНИХ ПРИЙОМІВ ПІДГОТОВКИ НЕТЕЛЕЙ ДО ОТЕЛЕННЯ НА ЇХ ПОДАЛЬШУ МОЛОЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ
Піскун В. І., Антоненко С. Ф., Золотарьов А. П., Золотарьова С. А., Берестова Л. Є. 172

НАЛЕЖНА БДЖОЛЯРСЬКА ПРАКТИКА В ТЕХНОЛОГІЇ УТРИМАННЯ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ
Руденко Є. В., Маслій І. Г. …….. 180

ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕЛЕЙ ПІДБОРУ ЗА ГЕНЕАЛОГІЧНИМИ ГРУПАМИ ПРИ ОТРИМАННІ ПЛЕМІННИХ КОБИЛ В ОРЛОВСЬКІЙ РИСИСТІЙ ПОРОДІ КОНЕЙ УКРАЇНСЬКОЇ ПОПУЛЯЦІЇ
Ткачова І. В., Фролова Г. О., Платонова Н. П. …….. 188

ДИНАМІКА РОЗВИТКУ ТА СУЧАСНИЙ СТАН НОВООЛЕКСАНДРІВСЬКОЇ ВАГОВОЗНОЇ ПОРОДИ НА ФІЛІЇ „ДІБРІВСЬКИЙ КІННИЙ ЗАВОД № 62” ДП „КОНЯРСТВО УКРАЇНИ”
Юсюк-Омельницька Т. А., Буренко А. В. …….. 198

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ТА ПРИЙОМУ СТАТЕЙ ДО «НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО БЮЛЕТЕНЮ ІНСТИТУТУ ТВАРИННИЦТВА НААН»

Прийом статей проводиться за правилами, що узгоджені з вимогами ДАК України.

До «НТБ ІТ НААН» приймаються статті проблемно-постановчого й узагальнюючого та методичного характеру, в яких висвітлюються результати наукових досліджень із статистичним опрацюванням даних, які мають теоретичне і практичне значення, є актуальними для сільського господарства. Не приймаються рукописи, повністю або частково опубліковані раніше. За наявності значних частин вже опублікованих текстів чи експериментальних даних рукописи відхиляються. Стаття повинна складатися з основних розділів: *огляд літератури, актуальність і мета досліджень, «Матеріали та методи досліджень», «Результати досліджень», «Висновки», «Бібліографічний список», «References», анотації (укр. та англ. мовами), ключові слова.*

Рукопис статті подається у вигляді примірника віддрукованого тексту підписаного всіма авторами. Загальний **обсяг** статті – від **5 до 15 стор**. **Текст статті (крім заголовка статті) - шрифт Times New Roman, 12 pt,** міжрядковий інтервал 1,0**; ширина верхнього, нижнього, правого полів – 2,5 см, лівого – 3,5 см,** абзацний відступ – 1,27 см.

На першій сторінці зліва, без абзацного відступу вказати шифр УДК.

Заголовок – великими літерами, шрифт 14 pt, виключка по центру.

Прізвище автора та ініціали – через пустий рядок, виключка по центру **(із вказівкою наукових ступенів і звань, код ORCID).**

Назва організації – простим текстом, по центру.

Анотація - не менше 1800 знаків з пробілами, з коротким описом одержаних результатів **(курсивом).**

Ключові слова (5-7 слів) – після анотації, з абзацу **(напівжирним друкованим шрифтом).**

Далі через пустий рядок – **текст статті.** Назви підрозділів **«Матеріали та методи досліджень», «Результати досліджень», «Висновки:»** виділяти напівжирним шрифтом і розміщувати з абзацу.

Розділ **«Результати досліджень»** експериментальної статті повинен складати не менше 70 % від обсягу статті (не враховуючи анотацій та бібліографії).

Таблиці набирати в програмі Microsoft Word або Exsel (шрифт Times New Roman, ширина – у межах полів, шапку оформляти напівжирним). Слово "*Таблиця* __" писати справа курсивом з номером арабськими цифрами (якщо таблиця не одна). Заголовок таблиці – напівжирним, виключка по центру. Посилання на таблицю у тексті вказують скорочено перед розміщенням таблиці. Примітки до таблиці – курсивом, шрифт 10 pt.

Формули – створювати у редакторі формул, виключка по центру. За наявності у тексті посилання на формулу, її нумерують арабською цифрою у круглих дужках з правого краю в межах форматування сторінки.

Заголовок рисунка (*Приклад:* **Рис. 1. Назва.**) **–** напівжирним, виключка по центру, без абз. відступу. На кожен рисунок потрібно робити в тексті посилання – (рис. __). Умовні позначення та підписи на рисунку – шрифт 10 pt.

Бібліографічний список- назва підрозділу оформлюється напівжирним, виключка по центру. В експериментальній статті повинно бути не менше 10 джерел, в оглядовій – не менше 30 джерел, при цьому електронні джерела не повинні

перевищувати 30 % від загальної кількості бібліографічних посилань. Слід уникати посилань на свої роботи (не більше 30 %) та сайти в Інтернеті (джерела мають бути загальнодоступними). Сам бібліографічний список оформити за чинним стандартом ДСТУ 8302:2015, списком із виключкою по ширині, тільки у порядку наведення посилань у тексті. У тексті посилання на цитовану роботу подають арабськими цифрами у **квадратних дужках**. Іноземні літературні джерела (у т. ч. рос.) подавати мовою оригіналу. Посилаючись на статті, що мають DOI, слід його вказувати.

Окремим блоком необхідно додавати список використаної літератури латинською графікою (**References**), який дублюватиме перелік джерел наданий мовами (українська, російська та ін.) з кириличним алфавітом, але оформлюється відповідно до вимог міжнародних баз даних. Для цього необхідно виконати транслітерацію кириличного шрифту, а назву видання, в якому її опубліковано, додатково подати англійською мовою у тому варіанті, який представлено на сайті видання. Якщо в кириличному списку є посилання на іноземні публікації, вони дублюються у References, але розділові знаки ставляться згідно з зарубіжними бібліографічними стандартами, стиль APA (http://www.apastyle.org/) згідно з вимогами світових реферативних баз даних.

Транслітерувати український кириличний алфавіт латиницею можна безоплатно на сайті https://slovnyk.ua/translit.php, а російський – на сайті http://www.translit.ru. Для транслітерації кирилиці латиницею – з української мови слід обрати стандарт: **Паспортний (КМУ 2010)**, а з російської – стандарт: **BGN.**

Після бібліографічного списку через пустий рядок подаються переклади **анотацій** російською та англійською мовами (назва статті, автори, місце роботи, текст анотації, ключові слова): курсивом, з абзацного відступу, виключка по ширині. Назва статті великими літерами.

Рукопис статті (підписаний всіма авторами) **обов'язково!** повинен мати додатки: *рецензію* з установи, з якої надіслано статтю, *авторську довідку українською та англійською мовами* (повне ПІБ, наук. ступінь, звання, посада, місце роботи, телефон, електронна адреса, **код ORCID ID кожного автора**. Якщо автор не зареєстрований в ORCID, потрібно створити обліковий запис за посиланням http://orcid.org.).

За достовірність поданої інформації та якість перекладу статті відповідають автори.

Авторам-аспірантам і пошукачам: Ваші статті повинні візувати наукові керівники або керівники підрозділів установ, де Ви працюєте. У статті подавати посилання на наукового керівника, якщо він не є співавтором.

Увага! Змінилися реквізити для оплати публікації: банк ДКСУ м. Київ, ЄДРПОУ 00497199, **р/р UA 098201720313231001201004829**. Призначення платежу "***Послуги із розміщення статей у НТБ***", одержувач – *Інститут тваринництва НААН*, від кого – Прізвище, ім'я, по батькові, вартість публікації – **45 грн за 1 стор. (згідно з наказом № 75/к від 16.03.17 р.)**.

Статті надсилати на адресу: 61026, вул Тваринників буд. 1-А м. Харків, ІТ НААН, кімн. 26 "Редакція НТБ ІТ НААН". Тел.: (057) 740-35-49. Електронні варіанти статей надсилати електронною поштою на адресу: labinform@i.ua, itanimalnaan@gmail.com

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТВАРИННИЦТВА

НАУКОВО–ТЕХНІЧНИЙ БЮЛЕТЕНЬ
ІНСТИТУТУ ТВАРИННИЦТВА НААН
Випуск 128

Видання засновано у 1932 р.

Відповідальний за випуск: ***Россоха В. І.***

Редагування іноземної мови: ***Ламєйко О. В.***
Технічне редагування та
комп'ютерна верстка: ***Панченко О. М.***
Тиражування: ***Лелюк В. П.***

Адреса редакційної колегії:
61026, вул. Тваринників 1-А, м. Харків, Інститут тваринництва НААН, кімн. 27; тел. (057) 740-35-49, факс (057) 740-39-94, e-mail: labinform@i.ua, itanimalnaan@gmail.com

Підписано до друку 01.12.22. Формат 60x84/8.
Гарнітура Таймс. Спосіб друку – різографія.
Обл. вид. арк. 15,01. Ум. др. арк 14,99.
Наклад 100 прим.
Зам. № 3.

Оригінал-макет і друк виконано
в Інституті тваринництва НААН

61026, м. Харків вул Тваринників буд. 1-А, ІТ НААН