

УДК 636.2:636.082:591.111.1

DOI:10.31677/2072-6724-2019-53-4-32-39

ИММУНОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРОВ КРАСНО-ПЁСТРОЙ ПОРОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ЛИНЕЙНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Л. В. Ефимова, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент

Е. В. Гатилова, кандидат биологических наук

О. В. Иванова, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор РАН

Красноярский научно-исследовательский институт
животноводства – обособленное подразделение

ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: krasnigtig75@yandex.ru

Ключевые слова: эритроцитарные антигены, частота встречаемости, системы крови, генетическое сходство, иммуногенетические особенности, полиморфизм, молочная продуктивность

Реферат. В связи с актуальностью повышения эффективности селекции молочного скота красно-пестрой породы, занимающего основную долю популяции в Красноярском крае (69,7%), изучены иммуногенетические особенности животных, принадлежащих к линиям Монтвик Чифтейн и Пабст Говернер ($n=52$). Исследования по определению групп крови коров проведены в лаборатории иммуногенетической экспертизы Красноярскгагроплема. Выявлены отличия по частоте встречаемости отдельных антигенов у коров двух линий. Установлено, что у коров линии Монтвик Чифтейн значительно чаще встречались антигены $A'_2, B_2, B', E'_2, O_2, P'_2, T_2$ и U' ($P>0,95-0,99$), а у коров линии Пабст Говернер – антигены E'_2, G_2, P_2, T_1 и X_1 ($P>0,95$). Также выявлено, что в линии Монтвик Чифтейн наиболее редко встречаются антигены A'_p, O_p, O_f, Y_p, R_1 и X_p , а в линии Пабст Говернер – антигены O_p, P'_2, Q, U и U' . Помимо этого определены антигены, отсутствующие у животных каждой линии. Средний индекс встречаемости антигенов у коров каждой линии показал относительно низкое значение, из чего был сделан вывод о высокой степени гетерозиготности исследуемых особей. Индекс генетического сходства между животными двух линий показал высокое значение – 0,937. Изучен полиморфизм антигенов в локусе EAF-V и установлено значительное преобладание частоты встречаемости у коров аллеля F над аллелем V. Определено влияние генотипа по локусу EAF-V на молочную продуктивность и показатели живой массы коров: в линии Монтвик Чифтейн более высокий удой имели коровы с генотипом FF ($5986,60\pm 172,41$ кг), разница с коровами генотипа FV составила 556,6 кг ($P>0,95$). Проведен сравнительный анализ полученных результатов с результатами других российских авторов, которые проводили аналогичные исследования.

IMMUNOGENETIC PARAMETERS OF THE RED-AND-WHITE COWS IN RELATION TO THE LINEAR AFFILIATION

Efimova L.V., Candidate of Agriculture, Associate Professor

Gatilova E.V., Candidate of Biology

Ivanova O.V., Doctor of Agricultural Sc.

Krasnoyarsk Research Institute of Animal Husbandry - autonomous department of Federal Research Centre Krasnoyarsk Research Centre SD RAS, Krasnoyarsk, Russia

Key words: erythrocytic antigen, incidence, blood systems, genetic similarity, immunogenetic features, polymorphism, dairy productivity.

Abstract. The paper explores the urgency of increasing efficiency of breeding Red-and-White dairy cattle that take the main part of the population in the Krasnoyarsk region (69.7%), the immunogenetic characteristics of animals that belong to Montwick Chiftein and Pabst Hoverner (n=52) lines. The research on the blood groups of cows were conducted in the laboratory of immunogenetic analysis of Krasnoyarskagroplem. The authors revealed the differences in the incidence of specific antigens in the cows of two lines. The article found out that antigens A'2, B2, E'3, O3, and T2 ($P>0.95-0.99$) were found to be more frequent in Montwick Chiftein line cows, and antigen P2 ($P>0.95$) was found in Pabst Governer line cows. It was also revealed that the most rare antigens in the Montwick Chiftein line are antigens A', A'1, O2, O4, Y1, R1, X1, M and E'2, and antigens B'', O4, U and U'' in the Pabst Governer line. Interestingly, the authors identified the antigens that were not present in the animals of both lines and in each line separately. The average index of antigen incidence in the cows of each line showed a relatively low value. Due to this the authors made a conclusion about a high degree of heterozygosity of the studied individuals. The index of genetic similarity among the animals of two lines demonstrates a high value of 0.863. The polymorphism of the antigens in the EAF-V locus was studied and a significant incidence predominance in cows of the F allele over the V allele was found out. The impact of genotype according to the EAF-V locus on dairy productivity and live weight of the cows was determined: in the Montwick Chiftein line, cows with the FF genotype (5986,60172,41 kg) had a higher yield, in the Pabst Governer line - with the FV genotype (5914,20208,19 kg). Animals of both lines that had genotype V/V had higher live weight parameters than animals with genotypes F/V and F/F. The comparative analysis of the obtained results was carried out with the results of other Russian authors who conducted similar studies.

Важным аспектом современной селекции сельскохозяйственных животных является проведение иммуноферментного анализа с целью выявления эритроцитарных антигенов, являющихся маркерами высокой продуктивности. В современной зарубежной и отечественной литературе приводится немало данных о корреляции групп крови и продуктивности животных, а также даны объяснения этой зависимости, среди которых – плейотропия, сцепление генов и гетерозис [1]. Именно явление плейотропии (множественного действия гена) может нередко создавать проблемы при селективном отборе крупного рогатого скота по молочному признаку, поскольку наличие определенных генов, положительно сказывающихся на молочной продуктивности, может оказаться лимитирующим для ряда других признаков – живой массы животных, экстерьерных показателей или устойчивости к различным заболеваниям.

Это явление делает генетическое маркирование крупного рогатого скота особенно важным, так как оно позволяет дополнить селекционные показатели информацией о молекулярно-генетических особенностях жи-

вотных, дать более объективную оценку их племенной ценности [2–4]. Воспроизводство и дальнейшее использование отобранных в результате генетического маркирования животных будет способствовать повышению экономической эффективности молочного скотоводства [5].

К настоящему времени у крупного рогатого скота выявлено свыше 300 антигенов групп крови, которые распределены посистемно на 12 хромосомах, образующих 12 систем (локусов хромосом) [6].

В связи с широким и зачастую неконтролируемым распространением трансконтинентальных пород крупного рогатого скота по территории России в последнее время наблюдается повышение уровня генетического однообразия различных локальных пород, что зачастую приводит к снижению их адаптивных и хозяйственных характеристик [7]. Коровы красно-пестрой породы составляют основную долю популяции крупного рогатого скота в Красноярском крае (около 69,7%). Данная порода характеризуется высокими показателями удоя и живой массы, а также хорошей приспособленностью к специфике при-

родно-климатических условий [5, 8]. Поэтому ее совершенствование, повышение уровня эффективности селекции и сохранение генетической уникальности является одним из перспективных направлений в современных исследованиях.

Полученная информация об иммуногенетических особенностях коров красно-пестрой породы в сравнительном анализе с аналогичной информацией о животных других пород в дальнейших исследованиях позволит выявить генетические механизмы, послужившие формированию ее отличительных адаптивных и хозяйственных свойств и высоких показателей, а также закрепить их при дальнейшей селекции.

Цель исследования – выявить иммуногенетические особенности коров красно-пестрой породы, принадлежащих к линиям Монтвик Чифтейн и Пабст Говернер.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научные исследования проведены в АО «Арефьевское» Канского района Красноярского края на коровах красно-пестрой породы. По материалам первичного племенного учёта хозяйства с использованием программы «Селэкс» была составлена база данных, из которой были выбраны 52 коровы, относящихся к двум линиям (Монтвик Чифтейн и Пабст Говернер). База данных включала сведения о группе крови и молочной продуктивности коров. Исследования по определению групп крови коров проведены в лаборатории иммуногенетической экспертизы Краснояркагроплема.

Частота встречаемости (р) эритроцитарных антигенов определена по формуле

$$p = \frac{F}{n} \cdot 100,$$

где р – частота встречаемости антигена, %;

F – число особей, имеющих в генотипе антиген;

n – общее число животных в группе.

Ошибку частоты встречаемости антигена и достоверность показателя находили с при-

менением формул статистического анализа изменчивости качественных признаков, описанных В. Л. Петуховым и др. [9]. Ошибку (s_x) устанавливали по формуле

$$s_x = \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}},$$

где q – частота особей в группе, не имеющих в генотипе антиген.

Разницу между линиями рассчитывали по формуле

$$t_d = \frac{p_2 - p_1}{\sqrt{s_{x1}^2 + s_{x2}^2}},$$

где p_1 и p_2 – частота встречаемости антигена у животных первой и второй группы (линии);

s_{x1} и s_{x2} – ошибка частоты встречаемости антигена первой и второй группы.

Разница между группами признавалась статистически значимой при $P > 0,95$.

В случаях, где $p \leq 25\%$ или $>75\%$, применялось преобразование Фишера (метод ϕ) [10, 11]:

$$\phi = 2 \cdot \arcsin \sqrt{p}.$$

Ошибка рассчитывалась по формуле

$$s_\phi = \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}.$$

В случае $p=0$ использовалось преобразование Ван-дер-Вардена:

$$p = \frac{P+1}{n+2} \cdot 100, \quad s_p = \sqrt{\frac{p \cdot (100-p)}{n+3}},$$

где p – частота (доля), оценённая методом Ван-дер-Вардена;

s_p – ошибка выборочной доли;

n – численность выборки.

Достоверность разницы (t) находилась по формуле

$$t = \frac{\phi_1 - \phi_2}{s_p}.$$

Частоту встречаемости аллелей в системе (F-V) определяли по формуле

$$gF = \frac{2a+b}{2n},$$

где g – частота аллеля F;

a – численность гомозиготных животных с выявляемым аллелем;

b – численность животных с аллелем в гетерозиготном состоянии;

n – общая численность животных в группе.

Индекс генетического сходства (r) определяли по формуле К. Маяла и Г. Линдстрема:

$$r = \frac{\sum x \cdot y}{\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}},$$

где x и y – частоты встречаемости одних и тех же антигенов животных сравниваемых линий.

Распределение исходных выборочных групп тестировалось на соответствие нормальному (гауссовскому) распределению.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась при помощи программы Microsoft Office Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ частоты встречаемости антигенов в системах крови A, B, C, L, S и Z у коров двух линий: Монтвик Чифтейн и Пабст

Говернер – показал (табл. 1), что в линии Монтвик Чифтейн в ЕАА-локусе наиболее часто встречались антигены A₂ (70,3%), в ЕАВ-локусе – антигены В', А'₂, В₂, G'', E'₃ и T₂ (83,8; 73,0; 70,3; 67,6; 64,9 и 62,2% соответственно), в ЕАС-локусе – E, R₂ и X₂ (73,0; 67,6 и 64,9% соответственно), в ЕАС-локусе – С (83,8%). В линии Пабст Говернер в ЕАА-локусе наибольшая частота встречаемости была у антигена A₂ (60,0%), в локусе ЕАВ – у антигенов Y₂, G₃ и P₂ (66,7; 60,0 и 60,0% соответственно), в локусе ЕАС – у антигена E (60,0%), в локусе ЕАС – у антигена С (80,0%). Достоверные различия между группами выявлены по частоте встречаемости антигенов А'₂, В₂, В', E'₂, E'₃, G₂, O₃, P₂, P'₂, T₁, T₂, X₁ и U' (P>0,95–0,999).

Наименее распространёнными у коров линии Монтвик Чифтейн оказались антигены А'₁, O₂, O₄, Y₁, R₁, X₁, E'₂ и G₂, у коров линии Пабст Говернер – антигены O₄, P'₂, Q, U и U''. Полностью отсутствовали у коров линии Монтвик Чифтейн антигены I₁ и T₁ (ЕАВ-локус), у коров линии Пабст Говернер – антиген В' (ЕАВ-локус).

Таблица 1

Частота встречаемости антигенных факторов групп крови у коров разных линий (p±s)
Incidence of antigen factors of the blood of different line cows (p±s)

Локус	Антиген	Линия			
		Монтвик Чифтейн (n=37)		Пабст Говернер (n=15)	
		n	%	n	%
1	2	3	4	5	6
ЕАА	A ₁	3	8,1±4,5	4	26,7±11,4
	A ₂	26	70,3±7,5	9	60,0±12,6
	A' ₁	1	2,7±2,7	3	20,0±10,3
	A' ₂	27	73,0±7,3	4	26,7±11,4**
	B ₂	26	70,3±7,5	6	40,0±12,6*
	B'	31	83,8±6,1	0	5,9±6,1***
	D'	16	43,2±8,1	5	33,3±12,2
	E' ₂	2	5,4±3,7*	5	33,3±12,2
	E' ₃	24	64,9±7,8	3	20,0±10,3**
ЕАВ	G ₂	2	5,4±3,7*	5	33,3±12,2
	G ₃	19	51,4±8,2	9	60,0±12,6
	I ₁	0	2,6±2,6	5	33,3±12,2
	I ₂	14	37,8±8,0	6	40,0±12,6
	I'	19	51,4±8,2	6	40,0±12,6
	J' ₂	13	35,1±7,8	3	20,0±10,3
	O ₂	1	2,7±2,7	2	13,3±8,8

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
	O ₃	20	54,1±8,2	3	20,0±10,3*
	O ₄	1	2,7±2,7	1	6,7±6,5
	O'	19	51,4±8,2	5	33,3±12,2
	P ₂	9	24,3±7,1*	9	60,0±12,6
	P' ₂	14	37,8±8,0	1	6,7±6,5**
	Q	9	24,3±7,1	1	6,7±6,5
	Q'	20	54,1±8,2	5	33,3±12,2
	T ₁	0	2,6±2,6**	5	33,3±12,2
	T ₂	23	62,2±8,0	3	20,0±10,3**
	G'	13	35,1±7,8	4	26,7±11,4
	G''	25	67,6±7,7	6	40,0±12,6
	Y ₁	1	2,7±2,7	3	20,0±10,3
	Y ₂	19	51,4±8,2	10	66,7±12,2
Y'	10	27,0±7,3	3	20,0±10,3	
EAC	R ₁	1	2,7±2,7	3	20,0±10,3
	R ₂	25	67,6±7,7	6	40,0±12,6
	C ₂	21	56,8±8,1	7	46,7±12,9
	E	27	73,0±7,3	9	60,0±12,6
	W	20	54,1±8,2	8	53,3±12,9
	X ₁	1	2,7±2,7*	4	26,7±11,4
	X ₂	24	64,9±7,8	8	53,3±12,9
L'	21	56,8±8,1	6	40,0±12,6	
EAJ	J	3	8,1±4,5	4	26,7±11,4
EAL	L	25	67,6±7,7	7	46,7±12,9
EAS	S ₁	20	54,1±8,2	8	53,3±12,9
	S ₂	21	56,8±8,1	8	53,3±12,9
	C	31	83,8±6,1	12	80,0±10,3
	H''	17	45,9±8,2	3	20,0±10,3
	U	6	16,2±6,1	1	6,7±6,5
	U'	19	51,4±8,2	1	6,7±6,5***
U''	13	35,1±7,8	4	26,7±11,4	
EAZ	Z	21	56,8±8,1	9	60,0±12,6

* P>0,95; ** P>0,99; *** P>0,999.

Средний индекс частоты встречаемости антигенов у коров линии Монтвик Чифтейн составил 40,8±3,7%, у коров линии Пабст Говернер – 33,7±2,6%.

Индекс генетического сходства между линиями Монтвик Чифтейн и Пабст Говернер составил 0,937, что является высоким показателем генетической однородности.

При изучении полиморфизма антигенов в локусе EAF-V (табл. 2) было установлено значительное преобладание частоты аллеля F над аллелем V. У коров линии Монтвик Чифтейн частота аллеля F составила 66,2%, у коров линии Пабст Говернер – 80,0%. Разница между группами по частоте встре-

чаемости антигенов локуса EAF-V оказалась статистически незначимой.

При определении влияния генотипа по локусу EAF-V на молочную продуктивность коров и живую массу (табл. 3) статистически значимая разница выявлена только у коров линии Монтвик Чифтейн по удою и содержанию белка в молоке. Причем по удою превосходство было на стороне животных с генотипом FF (+556,6 кг к коровам с генотипом FV; P>0,95), а по содержанию белка в молоке – у коров с генотипом FV (+0,01% к коровам с генотипом FF; P>0,95). По остальным показателям разница была незначительной.

Полученные в ходе исследований данные во многом сопоставимы с результата-

Таблица 2

Частота встречаемости антигенов групп крови в локусе EAF-V ($p \pm s_x$)
Incidence of blood antigen in the locus EAF-V

Система EAF-V	Линия			
	Монтвик Чифтейн		Пабст Говернер	
	n	%	n	%
Генотипы F/F	14	37,8±8,08	9	60,0±13,09
F/V	21	56,8±8,26	6	40,0±13,09
V/V	2	5,4±3,77	0	0
Частота аллелей: F	35	66,2	15	80,0
V	23	33,8	6	20,0

ми других исследователей. Л.Н. Прокопив и С.С. Александрова при оценке частоты встречаемости эритроцитарных антигенов [12] установили, что у коров линии Монтвик Чифтейн черно-пестрой породы в крови наиболее часто встречаются антигены D' (локус V), X₂ и C₂ (локус C), U' (локус S), Z (локус Z), что подтвердилось и в наших исследованиях

на коровах красно-пестрой породы этой же линии. При этом коэффициент генетического сходства между породами оказался достаточно низким – 0,21.

В исследованиях К.С. Новоселовой с коллективом соавторов также были получены сходные данные о частоте встречаемости антигенов для коров черно-пестрой породы

Таблица 3

Характеристика коров по молочной продуктивности и живой массе в зависимости от генотипа по локусу EAF-V
Characteristics of cows according to dairy productivity and body weight in relation to the genotype in locus EAF-V

Показатель	Линия				
	Монтвик Чифтейн			Пабст Говернер	
	Генотип			Генотип	
	FF	FV	VV	FF	FV
Удой, кг	5986,60±172,41	5430,00±141,39	5460,00	5687,80±271,67	5914,20±208,19
МДЖ, %	3,99±0,02	3,99±0,02	3,97	3,90±0,02	3,91±0,04
МДБ, %	3,12±0,01	3,13±0,01	3,13	3,12±0,01	3,12±0,01
Живая масса, кг	494,20±7,42	506,20±6,78	508,50	533,10±9,55	556,00±32,43

линии Монтвик Чифтейн [13]. Исследователи называют как наиболее часто встречающиеся антигены A₂, Y₂, D', O', C₂, W, что во многом сопоставимо с приведенными результатами. Однако выделенные К.С. Новоселовой и др. антигены, встречающиеся у единичных животных черно-пестрой породы (I₁, A'₂, U'), имеют высокую частоту встречаемости у красно-пестрых коров.

Приведенные в статье данные о высокой частоте встречаемости антигенов X₂, Z и E у коров линии Пабст Говернер идентичны результатам, полученным И.Ю. Ереминой и Д.А. Коростелевой в 2015 г. для коров той

же линии, но в других племенных хозяйствах [5]. При этом они также отмечают высокую частоту встречаемости антигенов A₁ и O₂. В наших исследованиях частота данных антигенов составила 26,7 и 13,3 %.

ВЫВОДЫ

1. Линии Монтвик Чифтейн и Пабст Говернер отличаются друг от друга по составу и частоте встречаемости антигенов различных систем групп крови. Достоверные различия между группами выявлены по частоте

встречаемости антигенов $A'_{2,}$ $B_{2,}$ B' , $E'_{2,}$ $E'_{3,}$ $G_{2,}$ $O_{3,}$ $P_{2,}$ $P'_{2,}$ $T_{1,}$ $T_{2,}$ X_1 и U' ($P>0,95-0,999$).

2. Относительно низкий средний индекс частоты встречаемости антигенов в линиях Монтвик Чифтейн и Пабст Говернер говорит о высокой степени гетерозиготности исследуемых особей. При этом между собой линии генетически очень близки – индекс генетического сходства составил $0,937\pm 0,079$.

3. Наличие только аллеля F в локусе EAF-V у коров линий Монтвик Чифтейн

и Пабст Говернер способствует их более высокой молочной продуктивности.

4. Полиморфизм антигенов в локусе EAF-V у коров линии Монтвик Чифтейн оказал существенное влияние на качественные признаки молока (массовую долю белка).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России, номер государственного учёта НИОКТР: АААА-А19-119012290066-7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шендаков А.И. Иммуногенетические сходства и различия быков производителей разных пород // Биология в сел. хоз-ве. – 2017. – № 3 (16). – С. 15–19.
2. Кулумаева Н.Я. Характеристика крупного рогатого скота Республики Хакасия по системам групп крови // Альманах современной науки и образования. – 2008. – № 5. – С. 80–82.
3. Холодова Л.В., Новоселова К.С. Использование иммуногенетики в селекции молочного стада Республики Марий Эл // Вестн. Марий. ун-та. – 2018. – Т. 4, № 3. – С. 69–76.
4. Шукюрова Е.Б. Генетическая структура стад черно-пестрого крупного рогатого скота, разводимого в Хабаровском крае, по группам крови // Дальневост. аграр. вестн. – 2017. – № 2 (42). – С. 111–119.
5. Еремина И.Ю., Коростелева Д.А. Анализ состояния гетерогенности красно-пестрой породы енисейского типа по эритроцитарным антигенам // Проблемы современной аграрной науки: материалы Междунар. заоч. науч. конф. – 2015. – С. 43–45.
6. Сердюк Г.Н. Группы крови и их значение в организме млекопитающих // Генетика и разведение животных. – 2018. – № 2. – С. 94–100.
7. Камалдинов Е.В., Себежско О.И., Короткевич О.С. Фонд эритроцитарных антигенов крупного рогатого скота Сибири // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–19. – С. 4197–4202.
8. Клименок И.И., Яранцева С.Б., Шишкина М.А. Продуктивность и племенные качества черно-пестрого скота сибирского региона // Генетика и разведение животных. – 2014. – № 2. – С. 30–33.
9. Петухов В.Л., Короткевич О.С., Станбеков С.Ж. Генетика: учебник. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: СемГПИ, 2007. – С. 250–251.
10. Васильева Л.А. Статистические методы в биологии, медицине и сельском хозяйстве. – Новосибирск, 2007. – С. 86–88.
11. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебник. – М.: Высш. шк., 1973. – С. 157–158.
12. Прокопьев Л.Н., Александрова С.С. Мониторинг антигенной структуры стада скота черно-пестрой породы в зависимости от линейной принадлежности // Аграр. вестн. Урала. – 2014. – № 11 (129). – С. 36–39.
13. Новоселова К.С., Холодова Л.В., Киселев А.А. Анализ частоты распространения эритроцитарных антигенов систем крови у коров черно-пестрой породы // Уч. зап. Казан. гос. акад. вет. медицины им. Н.Э. Баумана. Сел. и лесн. хоз-во. – 2014. – Т. 218, № 2. – С. 203–206.

REFERENCES

1. Shendakov A. I., *Biologija v sel'skom hozjajstve*, 2017, No 3 (16), pp. 15–19. (In Russ.)
2. Kulumaeva N. Ja., *Al'manah sovremennoj nauki i obrazovanija*, Tambov, Gramota, 2008, No 5, pp. 80–82.
3. Holodova L. V., Novoselova K. S., *Vestnik Marijskogo universiteta*, 2018, Vol. 4, No 3, pp. 69–76. (In Russ.)
4. Shukjurova E. B. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2017, No 2 (42), pp. 111–119. (In Russ.)
5. Eremina I. Ju., Korosteleva D. A. *Problemy sovremennoj agrarnoj nauki: mat-ly Mezhdunar. zaochnoj nauch. konf.*, 2015, pp. 43–45.
6. Serdjuk G. N. *Genetika i razvedenie zivotnyh*, 2018, No 2, pp. 94–100. (In Russ.)
7. Kamaldinov E. V., Sebezshko O. I., Korotkevich O. S. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, No 2–19, pp. 4197–4202. (In Russ.)
8. Klimenok I. I., Jaranceva S. B., Shishkina M. A. *Genetika i razvedenie zivotnyh*, 2014, No 2, pp. 30–33. (In Russ.)
9. Petuhov V. L., Korotkevich O. S., Stanbekov S. Zh. *Genetika: Uchebnik. – 2-e izd., ispr. i dop.* Novosibirsk, SemGPI, 2007, pp. 250–251.
10. Vasil'eva L. A. *Statisticheskie metody v biologii, medicine i sel'skom hozjajstve*, Novosibirsk, 2007, pp. 86–88.
11. Lakin G. F. *Biometria: Uchebnik*, 1973, pp. 157–158.
12. Prokopiv L. N., Aleksandrova S. S. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2014, No 11 (129), pp. 36–39. (In Russ.)
13. Novoselova K. S., Holodova L. V., Kiselev A. A. *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. Je. Baumana, Sel'skoe i lesnoe hozjajstvo*, 2014, Vol. 218, No 2, pp. 203–206. (In Russ.)