

REFERENCES

1. Abilov A.I., Plemyashov K.V., Kombarova N.A. i dr. Nekotorye aspekty vosпроизводства крупного rogatogo skota. SPb, 2019. 304 s.
2. Antonov M.P. Vliyanie biohimicheskikh izmenenij lipidov spermatozoidov i spermoplazmy na fertil'nost' eyakulyata // Verhnevolzhskij medicinskij zhurnal. 2012. № 3. S. 47–50.
3. Budevich A.I., Mordan' G.G. Sovershenstvovanie tekhnologii iskusstvennogo osemneniya крупного rogatogo skota // Vesti Akademii agrarnykh nauk Respubliki Belarus'. Ser. s.-h. nauk. 2002. № 3. S. 77–79.
4. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Lodyanov M.S. Ocenka rezistentnosti membran spermatozoidov bykov v processe dolgosrochnogo hraneniya // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2022. T. 1 (164). S. 107–109.
5. Duvakina E.V. Osemnenie крупного rogatogo skota // Molodezh' i nauka. 2019. № 9. S. 30.
6. Kuleshova A.I., Safronov S.L. Sovremennye metody vosпроизводства stada крупного rogatogo skota, ih preimushchestva i nedostatki // Vestnik Studencheskogo nauchnogo obshchestva. 2018. T. 9. № 1. S. 189–191.
7. Kondrahin I.P., Arhipov A.V., Levchenko V.I. Metody veterinarnoj klinicheskoy laboratornoj diagnostiki: spravochnik. M.: KolosS, 2004. 520 s.
8. Piskarev I.M., Ivanova I.P., Samodelkin A.G., Ivashchenko M.N. Initsirovanie i issledovanie svobodno-radikal'nykh processov v biologicheskikh eksperimentah. Nizhnij Novgorod, 2016. 106 s.
9. Rahmanin Yu.A., Egorova N.A., Mihajlova R.I. Molekulyarnyj vodorod: biologicheskoe dejstvie, vozmozhnosti primeneniya v zdoravoohraneni (obzor) // Gigiena i sanitariya. 2019. T. 98. № 4. S. 359–365.
10. Ernst L.K., Subbotin A.D. Iskusstvennoe osemnenie – glavnyj faktor geneticheskogo progressa i rosta produktivnosti zhivotnovodstva // K 100-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika biologii vosпроизvedeniya i tekhnologii iskusstvennogo osemneniya akademika VASHNIL B.K. Milovanova: mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. Dubrovicy, 2004. S. 10–29.
11. Bjelakovic G., Nikolova D., Gluud L. et al. Antioxidant supplements for prevention of mortality in healthy participants and patients with various diseases // Cochrane Database Syst. Rev. 2012. V. 3. CD007176.
12. Finkel T., Holbrook N. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing // Nature. 2000. V. 408 (6809). PP. 239–247.
13. Katakura M. Hydrogen-rich water inhibits glucose and alpha, beta –dicarbonyl compound-induced reactive oxygen species production in the SHR.Cg-Leprcp/NDmcr rat kidney. Med Gas Res. 2012. 2 (1). PP. 18–10.
14. Kimura H. Hydrogen sulfide: from brain to gut // Antioxid. Redox Signal. 2010. V. 12 (9). PP. 1111–1123.
15. Smith R., Murphy M. Mitochondria-targeted antioxidants as therapies // Discov. Med. 2011. V. 11 (57). PP. 106–114.
16. Shi P, Sun W. A hypothesis on chemical mechanism of the effect of hydrogen. Med Gas Res. 2012. 2 (1). PP. 17–10.
17. Ohsawa I., Ishikawa M., Takahashi K. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals // Nat. Med. 2007. V. 13. № 6. PP. 688–694.
18. Ohta S. Molecular hydrogen as a preventive and therapeutic medical gas: initiation, development and potential of hydrogen medicine // Pharmacol. Ther. 2014. V. 144. № 1. PP. 1–11.
19. Xie K., Yu Y., Pei Y., Hou L. Protective effects of hydrogen gas on murine polymicrobial sepsis via reducing oxidative stress and HMGB1 release // Shock. 2010. V. 34. № 1. PP. 90–97.

Поступила в редакцию 12.12.2024

Принята к публикации 26.12.2024

УДК 636.2.033

DOI: 10.31857/S2500208225020173, EDN: HVNGOH

АНАЛИЗ ВОЗРАСТНЫХ РАЗЛИЧИЙ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СКОТА ПОРОДЫ ГЕРЕФОРД*

Мария Андреевна Барсукова, кандидат биологических наук
Кирилл Николаевич Нарожных, кандидат биологических наук
Ольга Игоревна Себежко, кандидат биологических наук
Оксана Александровна Иванова, старший преподаватель

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия

E-mail: mariabar23@yandex.ru

Аннотация. В работе представлены результаты изучения гематологических показателей скота породы герефорд, разводимого на юге Западной Сибири, в двух смежных поколениях. Животные находились в одинаковых условиях на предгорных пастбищах. Проанализированы как абсолютные значения, так и корреляции между гематологическими признаками у поколения «матерей» и «дочерей». Для снижения размерности данных и визуализации различий между группами в многомерном пространстве использовали метод главных компонент (МГК). Установлены различия в гематологических показателях скота породы герефорд разного возраста. Животные смежных поколений, содержащиеся в одинаковых условиях, близкие по генотипу, но разного возраста, имеют отличия не только в абсолютных значениях гематологических показателей, но формируют и разные корреляции между признаками, в том числе отвечающими за работу иммунной системы. Метод главных компонент подтверждает тенденцию различий животных двух разных поколений. Полученные данные могут быть использованы на практике для совершенствования систем управления стадом

* Работа выполнена в рамках проекта научной тематики «Формирование племенного стада герефордской породы мясного скота с улучшенной продуктивностью с использованием генетических методов селекции (FESF-2023-0002)», регистрационный номер 1023030200009-4-4.2.1. / The work was carried out within the framework of the scientific project «Formation of a breeding herd of the Hereford beef cattle breed with improved productivity using genetic breeding methods (FESF-2023-0002)», registration number 1023030200009-4-4.2.1.

мясного скота. Снижение количества лейкоцитов может указывать на ослабление иммунитета. Показатели крови крупного рогатого скота считаются маркерами изменений, происходящих в организме животных с возрастом, и позволяют лучше контролировать общее состояние ценного племенного поголовья. Результаты исследования имеют практическую значимость для повышения эффективности мясного скотоводства.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, порода герефорд, гематологический профиль, возрастные различия

ANALYSIS OF AGE-RELATED DIFFERENCES IN HEMATOLOGICAL TRAITS OF HEREFORD CATTLE BREED

M.A. Barsukova, *PhD in Biological Sciences*

K.N. Narozhnykh, *PhD in Biological Sciences*

O.I. Sebeziko, *PhD in Biological Sciences*

O.A. Ivanova, *Senior Lecturer*

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: mariabar23@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of the analysis of hematological parameters of Hereford cattle bred in the south of Western Siberia in two adjacent generations. The animals were in the same conditions on the foothill pastures. Both absolute values and correlations between hematological signs in the generation of “mothers” and “daughters” were analyzed. In order to reduce the dimensionality of the data and visualize the differences between groups in a multidimensional space, the principal component method (MGK) was used. Differences in hematological parameters of Hereford cattle of different ages have been established. Animals of adjacent generations kept in the same conditions, similar in genotype and differing only in age, nevertheless have significant differences not only in absolute values of hematological parameters, but also form different correlations between signs, including those responsible for the functioning of the immune system. The principal component method we used also confirms the tendency of differences between animals of two different generations (ages). The data obtained can be used in practice to improve herd management systems for beef cattle. Thus, a decrease in the number of white blood cells may indicate a weakening of the immune system. Thus, the results of the study are of practical importance for improving the efficiency of beef cattle breeding. Thus, blood counts of cattle characterize not only the state of the body of individuals, but also are markers of changes occurring in the body of animals with age and allow better control of the general condition of valuable breeding stock.

Keywords: cattle, Hereford breed, hematological profile, age differences

Современное мясное скотоводство подразумевает использование разных технологий, но одна из наиболее распространенных – содержание животных под открытым небом на протяжении всего года на откормочных площадках или пастбищах. [15, 17] Такая технология предпочтительна с точки зрения состояния здоровья и благополучия животных, особенно это актуально для ремонтного молодняка и коров, срок использования которых может достигать десяти и более отелов в благоприятных условиях. [3, 16, 22] С другой стороны, круглогодичное содержание взрослых животных на открытом воздухе на юге Западной Сибири сопровождается стрессом, связанным с пиковыми значениями температур в летний и зимний периоды. Известно, что несмотря на высокий адаптивный потенциал скота породы *герефорд*, температурный стресс может повлиять на состояние животных, их рост и репродуктивные качества, наряду с условиями кормления и сопутствующими технологическими факторами. [1, 11, 13, 20]

Для определения состояния животных, их здоровья и благополучия используют разнообразные модели, в том числе показатели крови. Гематологический профиль животных отражает не только состояние здоровья, но и уровень адаптированности к локальным условиям. [21] Животные разного происхождения, возраста и уровня продуктивности могут различаться по количественным и качественным показателям крови, что также возможно использовать в качестве маркера для определения их состояния для конкретного региона или популяции. [4, 6, 19, 24] Вызывает интерес как генетическая составляющая

гематологических показателей, так и их связь между собой. Показано наличие выраженных корреляций между признаками крови у мясного скота, а также их умеренной наследуемости. [9] Существенные межпородные различия в составе крови, в том числе количестве и соотношении форменных элементов, показаны не только для молочного скота, но и мясного. [12] Это подтверждает, что гематологические показатели могут варьировать в зависимости от породных особенностей, что необходимо учитывать при интерпретации результатов.

Различия гематологического профиля животных одного стада зависят в первую очередь от возраста и условий выращивания молодняка в первые месяцы жизни. Установлено влияние года рождения на показатели молочных и мясных коров и их продуктивное долголетие. [2, 5] Количество и соотношение форменных элементов крови, различающиеся у животных разного возраста, можно использовать как маркер изменения состояния здоровья и общего благополучия. [8] Выявлена прогностическая роль соотношения лейкоцитов и тромбоцитов для человека и животных, а размер и количество эритроцитов – один из показателей наличия проблем с содержанием в организме железа. [18, 23, 25] С точки зрения формирования продуктивности гематологические признаки имеют слабый прогностический эффект, однако интерес представляет наличие корреляций между признаками крови и их изменения у животных разных поколений. [10]

Цель работы – изучение связи возраста с гематологическими показателями мясного скота породы *герефорд* на основе двух смежных поколений.

Исследование проводили в племенном хозяйстве по разведению скота породы *геррефорд*, расположенном в Новосибирской области. Были использованы образцы крови крупного рогатого скота двух поколений – материнского (n = 66) и дочернего (n = 66), пары мать-дочь с подтвержденным происхождением. Животных содержали в одинаковых условиях на предгорных пастбищах юга Западной Сибири в течение летнего периода. Возраст коров материнского поколения – 3...5 отелов, телок дочернего – 17...18 мес. Все животные были здоровы на момент взятия проб крови. Учет этих факторов позволяет минимизировать их влияние на гематологические показатели и выявить возрастные различия.

Образцы крови брали в стандартные вакуумные пробирки из хвостовой вены в течение одного дня, перед формированием гуртов для перевода на зимние площадки. Материал доставляли в лабораторию биохимии кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии в термобоксе с хладогентом при температуре 2...4 °С. Анализ крови проводили с помощью автоматического гематологического анализатора 3 dif на 18 параметров PCE 90Vet.

Для количественных показателей крови рассчитаны медианы (Me) и межквартильные размахи (IQR) в связи с тем, что распределение их большинства, согласно критерию Шапиро-Уилка (SW), отличалось от нормального. Для оценки статистической значимости различий между группами «матери» и «дочери» применили непараметрический тест Вилкоксона. Чтобы выявить взаимосвязи между гематологическими показателями в каждой группе использовали коэффициент корреляции Спирмена. Для снижения размерности данных и визуализации различий между группами в многомерном пространстве использовали метод главных компонент (МГК). Рассчитали факторные нагрузки для каждой главной компоненты, визуализацию распределения показателей в пространстве первых двух главных компонент выполнили с помощью диаграммы рассеяния с эллипсами, отображающими 95% доверительные интервалы для каждой группы.

В таблице 1 приведены медианные показатели крови для двух поколений (пары мать-дочь) породы *геррефорд*. Поскольку по большинству признаков, за исключением среднего объема эритроцита, распределение отличалось от нормального (SWp = 0,631 у матерей и 0,351 у дочерей), то различия между группами определяли по тесту Вилкоксона для связанных выборок. Результаты подтвердили наличие разницы в параметрах крови у матерей и их дочерей в пределах исследуемой группы.

В поколении дочерей количество эритроцитов, содержание гемоглобина и гематокрит были несколько выше, чем в материнском при меньшем среднем объеме эритроцита (47,0, по сравнению с 53,7 у матерей). Наиболее существенная разница отмечена в количестве тромбоцитов – 294,0 × 10⁹/л у материнского поколения и 228,5 × 10⁹/л – дочернего, с заметно меньшим размахом изменчивости (IQR = 176,9, по сравнению с 298,08 у материнского).

Были рассчитаны коэффициенты корреляции отдельно для материнского и дочернего поколений (табл. 2, 3).

Как для материнского, так и дочернего поколений обнаружены высокие достоверные корреляции между количеством эритроцитов, гемоглобина и гематокритом. Но при общем высоком уровне достоверности (p < 0,001) для группы дочерей величина корреляций между этими признаками была ниже (0,62...0,83), чем у группы матерей – 0,89...0,96. При этом размер корреляции между средним содержанием гемоглобина в эритроците (MCH) и средним объемом эритроцита (MCV) был одинаково высоким как для матерей, так и телок дочернего поколения – 0,816 и 0,821 соответственно. Среднее содержание гемоглобина в эритроците для дочернего поколения также достоверно отрицательно коррелировало с количеством эритроцитов (r = -0,445, p < 0,001), в то время как у материнского значимой корреляции по этому признаку не выявлено. У телок дочернего поколения менее выражена корреляция между шириной распределения эритроцитов

Таблица 1.

Медианные значения показателей крови для материнского и дочернего поколений скота породы *геррефорд*

Показатель	Материнское поколение (n=66)		Дочернее поколение (n=66)		P-значение
	Me	IQR	Me	IQR	
Лейкоциты (WBS), × 10 ⁹ /л	7,2	2,9	9,4	2,9	<0,001
Эритроциты (RBC), × 10 ⁹ /л	6,36	1,17	7,54	1,24	<0,001
Гемоглобин (HGB), г/л	102,0	22	108,0	15,2	<0,001
Гематокрит (HCT), %	34,2	7,17	35,8	5,72	<0,001
Средний объем эритроцита (MCV), фл	53,7	4,81	47,0	4,95	<0,001
Среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH), пг	16,0	1,42	14,2	1,33	<0,001
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC), г/л	298,5	11,0	306,0	11,1	<0,001
Ширина распределения эритроцитов (RDW), %	15,1	0,9	16,1	1,51	<0,001
Тромбоциты (PLT), × 10 ⁹ /л	294,0	298,8	228,5	176,9	<0,001
Средний объем тромбоцитов (MPV), фл	7,8	0,708	6,9	0,717	<0,001
Относительная ширина распределения тромбоцитов по объему (PDW), %	16,3	0,408	15,6	0,8	<0,001
Тромбокрит (PTC), %	0,212	0,233	0,155	0,131	<0,001

Таблица 2.

Корреляция между показателями крови у коров материнского поколения

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV_fI	MCH_pg	MCHC	RDW	PLT	MPV_fI	PDW	PCT
WBC	1,000											
RBC	0,232 ± 0,122	1,000										
HGB	0,092 ± 0,124	0,898 ± 0,055***	1,000									
HCT	0,148 ± 0,124	0,911 ± 0,051***	0,968 ± 0,031***	1,000								
MCV_fI	-0,050 ± 0,125	-0,011 ± 0,125	0,274 ± 0,120*	0,322 ± 0,118**	1,000							
MCH_pg	-0,148 ± 0,124	-0,143 ± 0,124	0,221 ± 0,122	0,156 ± 0,123	0,816 ± 0,072***	1,000						
MCHC	-0,076 ± 0,125	-0,104 ± 0,124	-0,029 ± 0,125	-0,184 ± 0,123	-0,265 ± 0,121*	0,203 ± 0,122	1,000					
RDW	0,193 ± 0,123	-0,091 ± 0,124	-0,269 ± 0,120*	-0,256 ± 0,121*	-0,360 ± 0,117**	-0,329 ± 0,118**	0,061 ± 0,125	1,000				
PLT	0,450 ± 0,112***	-0,125 ± 0,124	-0,175 ± 0,123	-0,171 ± 0,123	-0,169 ± 0,123	-0,172 ± 0,123	-0,023 ± 0,125	0,250 ± 0,121*	1,000			
MPV_fI	-0,047 ± 0,125	-0,371 ± 0,116**	-0,303 ± 0,119*	-0,340 ± 0,118**	0,124 ± 0,124	0,197 ± 0,123	0,077 ± 0,125	-0,121 ± 0,124	-0,090 ± 0,124	1,000		
PDW	0,109 ± 0,124	-0,155 ± 0,123	-0,009 ± 0,125	-0,033 ± 0,125	0,429 ± 0,113***	0,468 ± 0,110***	0,056 ± 0,125	-0,360 ± 0,117**	-0,142 ± 0,124	0,691 ± 0,090***	1,000	
PCT	0,344 ± 0,117**	-0,106 ± 0,124	-0,120 ± 0,124	-0,121 ± 0,124	-0,092 ± 0,124	-0,100 ± 0,124	0,028 ± 0,125	0,149 ± 0,124	0,888 ± 0,057***	-0,067 ± 0,125	-0,114 ± 0,124	1,000

Примечание. WBS, x 109/л – лейкоциты; RBC, x 109/л – эритроциты; HGB, г/л – гемоглобин; HCT, % – гематокрит; MCV, фл – средний объем эритроцита; MCH, пг – среднее содержание гемоглобина в эритроците; MCHC, г/л – средняя концентрация гемоглобина в эритроците; RDW, % – ширина распределения эритроцитов; PLT, x 109/л – тромбоциты; MPV, фл – средний объем тромбоцитов; PDW, % – относительная ширина распределения тромбоцитов по объему; PCT, % – тромбокрит. То же в табл. 3, 4.

Таблица 3.

Корреляция между показателями крови у коров дочернего поколения

	WBC	RBC	HGB	HCT	MCV_fI	MCH_pg	MCHC	RDW	PLT	MPV_fI	PDW	PCT
WBC	1,000											
RBC	0,238 ± 0,121	1,000										
HGB	0,170 ± 0,123	0,625 ± 0,098***	1,000									
HCT	0,055 ± 0,125	0,715 ± 0,087***	0,828 ± 0,070***	1,000								
MCV_fI	-0,180 ± 0,123	-0,388 ± 0,115**	0,093 ± 0,124	0,228 ± 0,122	1,000							
MCH_pg	-0,139 ± 0,124	-0,455 ± 0,111***	0,255 ± 0,121*	0,151 ± 0,124	0,821 ± 0,071***	1,000						
MCHC	0,377 ± 0,116**	0,271 ± 0,120*	0,345 ± 0,117**	-0,007 ± 0,125	-0,383 ± 0,115**	-0,054 ± 0,125	1,000					
RDW	0,144 ± 0,124	0,327 ± 0,118**	0,026 ± 0,125	0,072 ± 0,125	-0,327 ± 0,118**	-0,344 ± 0,117**	0,203 ± 0,122	1,000				
PLT	0,229 ± 0,122	0,034 ± 0,125	-0,134 ± 0,124	0,062 ± 0,125	0,105 ± 0,124	-0,020 ± 0,125	-0,142 ± 0,124	0,071 ± 0,125	1,000			
MPV_fI	-0,058 ± 0,125	-0,265 ± 0,121*	-0,171 ± 0,123	0,016 ± 0,125	0,430 ± 0,113***	0,325 ± 0,118**	-0,340 ± 0,118**	-0,289 ± 0,120*	0,089 ± 0,125	1,000		
PDW	-0,085 ± 0,125	-0,317 ± 0,119**	-0,160 ± 0,123	0,089 ± 0,124	0,637 ± 0,096***	0,498 ± 0,108***	-0,363 ± 0,116**	-0,385 ± 0,115**	0,414 ± 0,114***	0,695 ± 0,090***	1,000	
PCT	0,113 ± 0,124	-0,045 ± 0,125	-0,033 ± 0,125	0,010 ± 0,125	0,130 ± 0,124	0,156 ± 0,123	-0,014 ± 0,125	-0,017 ± 0,125	0,857 ± 0,064***	0,050 ± 0,125	0,361 ± 0,117**	1,000

(RDW) и признаками, характеризующими количество гемоглобина. Содержание гемоглобина у этой группы было выше и имело меньший размах изменчивости, по сравнению с величиной этого признака у матерей.

У взрослых коров и телок дочернего поколения установлены высокие достоверные корреляции между признаками, характеризующими относительное и абсолютное содержание тромбоцитов в крови, а также относительной шириной распределения тромбоцитов по объему (PDW) и средним объемом эритроцитов – 0,42 и 0,65 соответственно при $p < 0,001$.

Существенная отличительная черта взрослых коров материнского поколения – наличие достоверных корреляций между количеством лейкоцитов (WBC) и тромбоцитов (PLT) – 0,45 ($p < 0,001$), лейкоцитов и тромбоцитом – 0,344 ($p < 0,01$), в то время как у телок дочернего поколения корреляции между этими признаками незначительны и недостоверны. Учитывая данные о роли тромбоцитов не только в процессах свертывания крови, но и формировании иммунного ответа из-за активации факторов врожденного и адаптивного иммунитета, корреляция между количеством тромбоцитов и лейкоцитами у взрослых животных может быть интересна как одна из характеристик состояния животных в стаде. [7, 14] Отсутствие подобной корреляции у молодых животных подтверждает важность этого параметра.

Факторные нагрузки на главные компоненты представлены в таблице 4, визуализация в пространстве двух первых компонент – на рисунке (4-я стр. обл.).

Наибольшая нагрузка в первой главной компоненте приходится на лейкоциты и комплекс признаков, связанных с количеством эритроцитов и гемоглобина, а также относительную ширину распределения тромбоцитов по объему, во второй – количество тромбоцитов и тромбоцит (табл. 4).

На рисунке видно, что наибольшие различия между материнским и дочерним поколениями наблюдаются в пространстве первой компоненты, где, несмотря на зону пересечения эллипсов, выделяются две разнонаправленные тенденции для матерей и дочерей. Формирование выбросов в пространстве первой компоненты для животных разных поколений также разнонаправ-

лено. Животные дочернего поколения имеют более высокие показатели по признакам, связанным с количеством эритроцитов и гемоглобина, по сравнению с материнским, в то же время для группы матерей видно увеличение тромбоцитов и тромбокрита. В пространстве второй компоненты нет значимых различий между группами матерей и дочерей, формирование выбросов у животных также происходит однонаправленно.

Анализ факторных нагрузок показал, что первая главная компонента в основном отражает изменения, связанные с эритропоезом и обменом железа, вторая – функционированием тромбоцитов. Животные дочернего поколения характеризуются более высокими значениями показателей, связанных с эритропоезом, у материнского – тромбоцитами. Такие различия могут быть обусловлены возрастными изменениями в интенсивности обменных процессов и гормональном статусе животных. Дальнейшие исследования позволяют более детально изучить физиологические механизмы, лежащие в основе наблюдаемых изменений.

Выводы. Установлены различия в гематологических показателях скота породы *геррефорд* разного возраста. Животные смежных поколений, содержащиеся в одинаковых условиях, близкие по генотипу, но различного возраста, имеют отличия не только в абсолютных значениях гематологических показателей, но формируют разные корреляции между признаками, в том числе и отвечающими за работу иммунной системы. Используемый нами метод главных компонент подтверждает тенденцию различий животных двух разных поколений. Полученные данные полезны на практике для совершенствования систем управления стадом мясного скота. Например, по гематологическим показателям, таким как количество эритроцитов, гемоглобин и гематокрит, косвенно оценивается уровень обмена веществ и адаптационный потенциал животных. Это позволит более точно прогнозировать продуктивность телок и отбирать наиболее перспективных особей для дальнейшего разведения. Выявленные возрастные изменения в гематологических показателях могут быть использованы для ранней диагностики некоторых заболеваний. Снижение количества лейкоцитов предположительно указывает на ослабление иммунитета. Таким образом, результаты исследования имеют практическую значимость для повышения эффективности мясного скотоводства.

Таким образом, показатели крови крупного рогатого скота характеризуют не только состояние организма индивидов, но и считаются маркерами изменений, происходящих в организме животных с возрастом, и позволяют лучше контролировать общее состояние ценного племенного поголовья.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Барсукова М. А. Динамика численности и продуктивности племенного скота породы геррефорд в Новосибирской области // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2024. № 5. С. 79–84. <https://doi.org/10.31857/S2500208224050162>
2. Барсукова М.А., Иванова О.А., Афанасьева И.А. и др. Мониторинг живой массы племенного скота геррефордской породы в условиях пастбищного содержания // Инновации и продовольственная безопасность. 2024. № 1(43). С. 10–19. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-43-1-10-19>

Таблица 4.

Факторные нагрузки на главные компоненты

Признак	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4	ГК5
WBC	0,4625	0,0467	0,0432	0,0863	0,0287
RBC	0,7868	0,1004	0,0274	0,0480	0,0006
HGB	0,2815	0,4090	0,2199	0,0025	0,0001
HCT	0,4748	0,1301	0,2340	0,1252	0,0011
MCV_fl	0,3244	0,0005	0,4041	0,0603	0,0004
MCH_pg	0,3637	0,1394	0,2320	0,1503	0,0004
MCHC	0,0010	0,2152	0,0077	0,6483	0,0030
RDW	0,3281	0,1905	0,0162	0,0669	0,0561
PLT	0,1317	0,6242	0,1380	0,0012	0,0033
MPV_fl	0,0213	0,0000	0,0071	0,0246	0,8958
PDW	0,3775	0,0690	0,3217	0,0084	0,0013
PTC	0,0296	0,5193	0,2083	0,0545	0,0180

3. Дерюгина А.В., Иващенко М.Н., Таламанова М.Н. и др. Адаптационные изменения крови коров при технологическом стрессе // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2023. № 1. С. 73–76. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/1/73-76>
4. Жучаев К.В., Борисенко Е.А., Барсукова М.А. Влияние процессов адаптации на генетический гомеостаз продуктивной популяции // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2010. № 4(16). С. 28–31.
5. Мурадян А.М., Соловьева О.И., Рузанова Н.Г., Аксенова О.Н. Биохимические и морфологические показатели крови и уровень естественной резистентности завезенных коров в Армении // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2024. № 4. С. 95–98. <https://doi.org/10.31857/S2500208224040181>
6. Нарожных К.Н., Коновалова Т.В., Петухов В.Л. и др. Влияние породной принадлежности на уровень цинка в печени крупного рогатого скота // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2024. № 110. С. 268–273. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-268-273>
7. Boilard E., Nigrovic P.A., Larabee K. et al. Platelets Amplify Inflammation in Arthritis via Collagen-Dependent Microparticle Production // *Science*. 2010. № 327. PP. 580–583. <https://doi.org/10.1126/science.1181928>
8. Bourgon S.L., Diel de Amorim M., Miller S.P., Montanholi Y.R. Associations of blood parameters with age, feed efficiency and sampling routine in young beef bulls // *Livestock Science*. 2017. Vol. 195. PP. 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.003>
9. Chinchilla-Vargas J., Kramer L.M., Tucker J.D. et al. Genetic Basis of Blood-Based Traits and Their Relationship With Performance and Environment in Beef Cattle at Weaning // *Frontiers in Genetics*. 2020. Vol. 11. 00717. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00717>
10. Chinchilla-Vargas J., Kramer L., Lester T.D. et al. Genetic basis of blood traits in beef cattle and their relationship to production traits at weaning // *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98. 3. P. 29. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa054.052>
11. Fernandez-Novo A., Pérez-Garnelo S.S., Villagrà A. et al. The Effect of Stress on Reproduction and Reproductive Technologies in Beef Cattle—A Review // *Animals*. 2020. № 10. 2096. <https://doi.org/10.3390/ani10112096>
12. Guyot H., Legroux D., Eppe J. et al. Hematologic and Serum Biochemical Characteristics of Belgian Blue Cattle // *Veterinary Sciences*. 2024. № 11. P. 222. <https://doi.org/10.3390/vetsci11050222>
13. Kim W.-S., Ghassemi Nejad J., Lee H.-G. Impact of Cold Stress on Physiological, Endocrinological, Immunological, Metabolic, and Behavioral Changes of Beef Cattle at Different Stages of Growth // *Animals*. 2023. № 13. 1073. <https://doi.org/10.3390/ani13061073>
14. Koupenova M., Clancy L.C., Corkrey H.A., Freedman J.E. Circulating Platelets as Mediators of Immunity, Inflammation, and Thrombosis // *Circulation Research*. 2018. Vol. 122. 2. PP. 337–351. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.117.310795>
15. Macitelli F., Braga J.S., Gellatly D., Paranhos da Costa M.J.R. Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare // *Animal*. 2020. № 14(12). PP. 2588–2597. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001652>
16. Masebo N.T., Marliani G., Cavallini D. et al. Health and welfare assessment of beef cattle during the adaptation period in a specialized commercial fattening unit // *Research in Veterinary Science*. 2023. Vol. 158. PP. 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.03.008>
17. McAllister T.A., Stanford K., Chaves A.V. et al. Nutrition, feeding and management of beef cattle in intensive and extensive production systems // *Animal Agriculture, Academic Press*. 2020. PP. 75–98. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00005-7>
18. Narozhnykh K. Development of a Predictive Model for Iron Levels in Bovine Muscle Tissue Using Hair as a Predictor // *Animals*. 2024. № 14. 1028. <https://doi.org/10.3390/ani14071028>
19. Rocha T.B., da Cruz Paulino R., Soares D.M. Hematology and biochemistry of buffalo (*Bubalus bubalis*): influence of sex and age on reference values // *Trop Anim Health Prod*. 2021. № 53. 273. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02727-x>
20. Scheffler T.L. Connecting Heat Tolerance and Tenderness in *Bos indicus* Influenced Cattle // *Animals*. 2022. № 12. P. 220. <https://doi.org/10.3390/ani12030220>
21. Sofyan H., Satyaningtjas A.S., Sumantri C. et al. Hematological profile of aceh cattle // *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2020. № 8 (1). PP. 108–114. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2020/8.1.108.114>
22. Tarantola M., Biasato I., Biasibetti E. et al. Beef cattle welfare assessment: use of resource and animal-based indicators, blood parameters and hair 20 β -dihydrocortisol / *Italian Journal of Animal Science*. 2020. № 19(1). PP. 341–350. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1743783>
23. Wagner B.K., Martin D.G., Rudd D.M., Parker A.J. Oxytocin alters leukogram composition in *Bos indicus* cattle exposed to short-duration transportation // *Animal Production Science*. 2021. 361. PP. 1315–1320.
24. Wang H., Chang H., Weng H. et al. Study of Plasma Biochemistry and Plasma Metabolomics Differences in Montbéliard and Holstein Backcross and Holstein Heifers // *Animals*. 2024. № 14. 2294. <https://doi.org/10.3390/ani14162294>
25. Zhang W., Wang Y., Zhang Q. et al. Prognostic significance of white blood cell to platelet ratio in delayed cerebral ischemia and long-term clinical outcome after aneurysmal subarachnoid hemorrhagen // *Frontiers in Neurology*. 2023. Vol. 14. 1180178. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1180178>

REFERENCES

1. Barsukova M. A. Dinamika chislenosti i produktivnosti plemennogo skota porody gereford v Novosibirskoj oblasti // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2024. № 5. S. 79–84. — <https://doi.org/10.31857/S2500208224050162>
2. Barsukova M.A., Ivanova O.A., Afanas'eva I.A. i dr. Monitoring zhivoj massy plemennogo skota gerefordskoj porody v usloviyah pastbishchnogo sodержaniya // *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*. 2024. № 1(43). S. 10–19. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-43-1-10-19>
3. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Talamanova M.N. i dr. Adaptacionnye izmeneniya krvi korov pri tekhnologicheskome strese // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2023. № 1. S. 73–76. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/1/73-76>
4. Zhuchaeв K.V., Borisenko E.A., Barsukova M.A. Vliyanie processov adaptacii na geneticheskij gomeostaz produktivnoj populyacii // *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*. 2010. № 4(16). S. 28–31.
5. Muradyan A.M., Solov'eva O.I., Ruzanova N.G., Aksenova O.N. Biohimicheskie i morfologicheskie pokazateli krvi i uroven' estestvennoj rezistentnosti zavezennyh korov v Armenii // *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2024. № 4. S. 95–98. <https://doi.org/10.31857/S2500208224040181>
6. Narozhnyh K.N., Konovalova T.V., Petuhov V.L. i dr. Vliyanie porodnoj pri nadlezhnosti na uroven' cinka v pecheni krup-

- nogo rogatogo skota // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024. № 110. S. 268–273. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-268-273>
7. Boilard E., Nigrovic P.A., Larabee K. et al. Platelets Amplify Inflammation in Arthritis via Collagen-Dependent Microparticle Production // Science. 2010. № 327. PP. 580–583. <https://doi.org/10.1126/science.1181928>
 8. Bourgon S.L., Diel de Amorim M., Miller S.P., Montanholi Y.R. Associations of blood parameters with age, feed efficiency and sampling routine in young beef bulls // Livestock Science. 2017. Vol. 195. PP. 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.003>
 9. Chinchilla-Vargas J., Kramer L.M., Tucker J.D. et al. Genetic Basis of Blood-Based Traits and Their Relationship With Performance and Environment in Beef Cattle at Weaning // Frontiers in Genetics. 2020. Vol. 11. 00717. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00717>
 10. Chinchilla-Vargas J., Kramer L., Lester T.D. et al. Genetic basis of blood traits in beef cattle and their relationship to production traits at weaning // Journal of Animal Science. 2020. Vol. 98. 3. PP. 29. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa054.052>
 11. Fernandez-Novo A., Pérez-Garnelo S.S., Villagrà A. et al. The Effect of Stress on Reproduction and Reproductive Technologies in Beef Cattle—A Review // Animals. 2020. № 10. 2096. <https://doi.org/10.3390/ani10112096>
 12. Guyot H., Legroux D., Epe J. et al. Hematologic and Serum Biochemical Characteristics of Belgian Blue Cattle // Veterinary Sciences. 2024. № 11. P. 222. <https://doi.org/10.3390/vetsci11050222>
 13. Kim W.-S., Ghassemi Nejad J., Lee H.-G. Impact of Cold Stress on Physiological, Endocrinological, Immunological, Metabolic, and Behavioral Changes of Beef Cattle at Different Stages of Growth // Animals. 2023. № 13. 1073. <https://doi.org/10.3390/ani13061073>
 14. Koupenova M., Clancy L.C., Corkrey H.A., Freedman J.E. Circulating Platelets as Mediators of Immunity, Inflammation, and Thrombosis // Circulation Research. 2018. Vol. 122. 2. PP. 337–351. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.117.310795>
 15. Macitelli F., Braga J.S., Gellatly D., Paranhos da Costa M.J.R. Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare // Animal. 2020. № 14(12). PP. 2588–2597. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001652>
 16. Masebo N.T., Marliani G., Cavallini D. et al. Health and welfare assessment of beef cattle during the adaptation period in a specialized commercial fattening unit // Research in Veterinary Science. 2023. Vol. 158. PP. 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.03.008>
 17. McAllister T.A., Stanford K., Chaves A.V. et al. Nutrition, feeding and management of beef cattle in intensive and extensive production systems // Animal Agriculture, Academic Press. 2020. PP. 75–98. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00005-7>
 18. Narozhnykh K. Development of a Predictive Model for Iron Levels in Bovine Muscle Tissue Using Hair as a Predictor // Animals. 2024. № 14. 1028. <https://doi.org/10.3390/ani14071028>
 19. Rocha T.B., da Cruz Paulino R., Soares D.M. Hematology and biochemistry of buffalo (*Bubalus bubalis*): influence of sex and age on reference values // Trop Anim Health Prod. 2021. № 53. 273. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02727-x>
 20. Scheffler T.L. Connecting Heat Tolerance and Tenderness in *Bos indicus* Influenced Cattle // Animals. 2022. № 12. P. 220. <https://doi.org/10.3390/ani12030220>
 21. Sofyan H., Satyaningtjas A.S., Sumantri C. et al. Hematological profile of aceh cattle // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2020. № 8 (1). PP. 108–114. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2020/8.1.108.114>
 22. Tarantola M., Biasato I., Biasibetti E. et al. Beef cattle welfare assessment: use of resource and animal-based indicators, blood parameters and hair 20 β -dihydrocortisol // Italian Journal of Animal Science. 2020. № 19(1). PP. 341–350. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1743783>
 23. Wagner B.K., Martin D.G., Rudd D.M., Parker A.J. Oxytocin alters leukogram composition in *Bos indicus* cattle exposed to short-duration transportation // Animal Production Science. 2021. 361. PP. 1315–1320.
 24. Wang H., Chang H., Weng H. et al. Study of Plasma Biochemistry and Plasma Metabolomics Differences in Montbéliard and Holstein Backcross and Holstein Heifers // Animals. 2024. № 14. 2294. <https://doi.org/10.3390/ani14162294>
 25. Zhang W., Wang Y., Zhang Q. et al. Prognostic significance of white blood cell to platelet ratio in delayed cerebral ischemia and long-term clinical outcome after aneurysmal subarachnoid hemorrhage // Frontiers in Neurology. 2023. Vol. 14. 1180178. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1180178>

Поступила в редакцию 27.09.2024

Принята к публикации 11.10.2024

УДК.576.316:599.323.4

DOI: 10.31857/S2500208225020181, EDN: HVPICO

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЕНОТОВИДНОЙ СОБАКИ (*NYCTEREUTES PROCYONOIDES*)

Лариса Дмитриевна Сафронова¹, доктор биологических наук

Вера Борисовна Сычева¹, кандидат биологических наук

Евгений Геннадьевич Сергеев², кандидат сельскохозяйственных наук

¹Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия

²Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева РАН, пос. Родники,

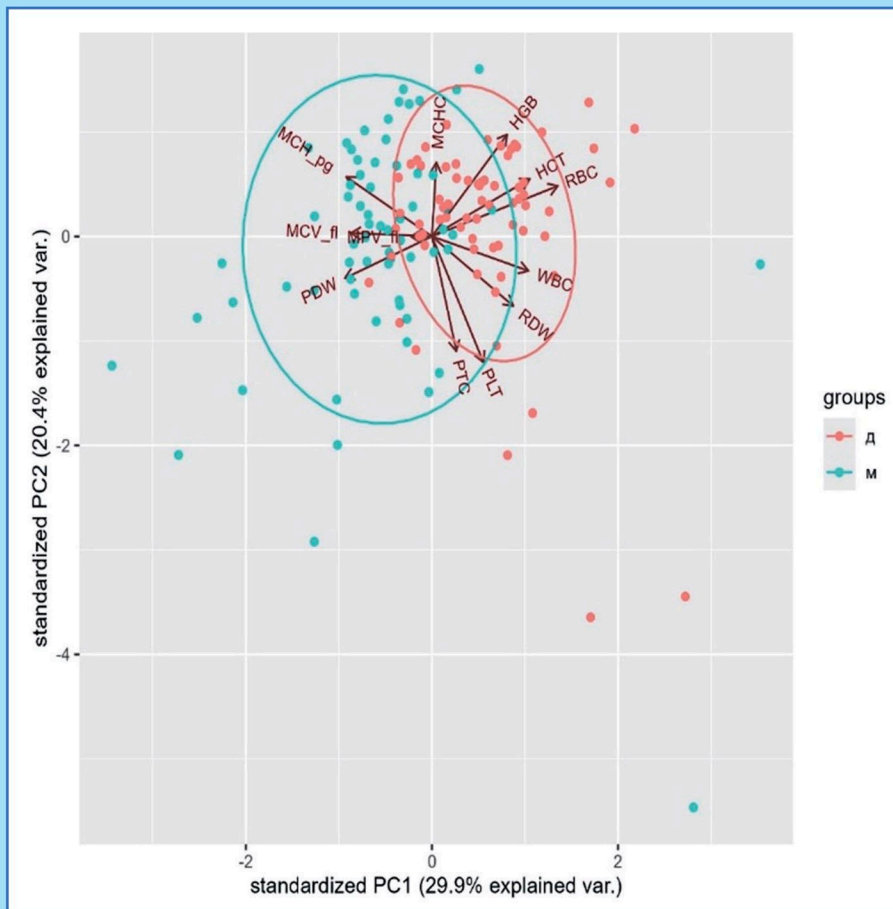
Раменский район, Московская область, Россия

E-mail: ldsafroнова@gmail.com

Аннотация. Енотовидная собака (*Nyctereutes procyonoides*) признана старейшим видом семейства *Canidae* и представляет отдельную ветвь на филогенетическом древе псовых. Высказано предположение, что енотовидная собака обладает самым примитивным кариотипом в семействе *Canidae*. Различают три подвида: китайская енотовидная собака *Nyctereutes procyonoides procyonoides*



Рис. 3. Прорастание пыльцевых зерен малины ремонтантной.



Распределение гематологических показателей *герфордского* скота в пространстве главных компонент.