

ОСОБЕННОСТИ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА КОРОВ РАЗНЫХ ПОРОД ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

¹**О.И. Себежко**, кандидат биологических наук, доцент

¹**О.С. Короткевич**, доктор биологических наук, профессор

¹**Т.В. Коновалова**, старший преподаватель

¹**В.Л. Петухов**, доктор биологических наук, профессор

¹**Н.Н. Кочнев**, доктор биологических наук, профессор

²**А.Н. Себежко**, студент

¹**Е.И. Тарасенко**, аспирант

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

E-mail: sebezkhoolga@yandex.ru

Ключевые слова: гематологический статус, эритроцитарные параметры, лейкоцитарный профиль, тромбоцитарное звено, крупный рогатый скот.

Реферат. Мониторинг гематологических параметров дойного стада занимает центральное место в оценке здоровья и благополучия животных. Изучены основные показатели периферической крови у здоровых коров голштинской, черно-пестрой и красной пород в возрасте 30–60 дня 2-й лактации, выращиваемых в Западной Сибири. Исследования эритроцитарных, лейкоцитарных и тромбоцитарных параметров проводились на анализаторе PCE 90Vet с микроскопией мазков для подсчета лейкоцитарной формулы. Использовали стандартные методы описательной статистики или робастные статистики. Межгрупповые сравнения проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа или критерия Краскера – Уоллеса. Для апостериорных сравнений использовали метод Тьюки или Данна. При расчете референсных интервалов пользовались бутстреп-методом. Рассчитанные средние значения эритроцитарного, тромбоцитарного и лейкоцитарного звеньев гемограммы в большинстве случаев варьировали в пределах физиологических норм или находились на границе пределов. Наиболее выраженным адаптационным потенциалом характеризовались животные голштинской породы. Установлены различия между породами практически по всем изученным показателям кроме числа эритроцитов, MCV, RDW, базофилов, палочкоядерных нейтрофилов, индекса иммунореактивности. Для коров черно-пестрой породы был характерен наиболее высокий уровень гематокрита ($27,99 \pm 0,31$ %), абсолютного числа эозинофилов ($Me = 0,207 \times 10^9/л$), тромбоцитов ($279,5 \pm 22,13 \times 10^9/л$), для красной степной – гемоглобина ($98,32 \pm 1,53$ г/л), моноцитов ($0,29 \pm 0,01$) и среднего объема тромбоцитов ($6,42 \pm 0,08$ фл). Определенные референсные интервалы лейкоцитарного профиля коров обеспечивает мониторинг состояния здоровья. Он дает возможность сравнения данных с другими породами, а также позволяет вести сравнительный мониторинг между регионами.

FEATURES OF HEMATOLOGICAL STATUS OF COWS OF DIFFERENT BREEDS OF WESTERN SIBERIA

¹**O.I. Sebezko**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

¹**O.S. Korotkevich**, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹**T.V. Konovalova**, senior lecturer

¹**V.L. Petukhov**, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹**N.N. Kochnev**, Doctor of Biological Sciences, Professor

²**A.N. Sebezko**, student

¹**E.I. Tarasenko**, Phd student

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

E-mail: sebezkhoolga@yandex.ru

Keywords: hematological status, erythrocyte parameters, leukocyte profile, platelet link, cattle.

Abstract. Monitoring hematological parameters in dairy herds is central to assessing animal health and welfare. The main parameters of peripheral blood were studied in healthy cows of Holstein, black-and-white and red breeds at the age of 30-60 days of the 2nd lactation, raised in Western Siberia. Studies of erythrocyte, leukocyte and platelet parameters were carried out on a PCE 90Vet analyzer with smear microscopy for calculating the leukocyte formula. Standard methods of descriptive statistics or robust statistics were used. Intergroup comparisons were performed using one-way analysis of variance or the Krasker-Wallace test. Tukey or Dunn's method was used for post hoc comparisons. When calculating reference intervals, we used the bootstrap method. The calculated average values of the erythrocyte, platelet and leukocyte components of the hemogram in most cases varied within physiological norms or were on the borderline. Animals of the Holstein breed had the most pronounced adaptive potential. Differences between breeds have been established in almost all studied indicators except the number of red blood cells, MCV, RDW, basophils, band neutrophils, and immunoreactivity index. Cows of the black-and-white breed were characterized by the highest level of hematocrit ($27.99 \pm 0.31\%$), absolute number of eosinophils ($Me = 0.207 \times 10^9/l$), platelets ($279.5 \pm 22.13 \times 10^9/l$), for red steppe - hemoglobin ($98.32 \pm 1.53 \text{ g/l}$), monocytes (0.29 ± 0.01) and average platelet volume ($6.42 \pm 0.08 \text{ fL}$). Certain reference intervals for the leukocyte profile of cows provide monitoring of health status, the ability to compare data with other breeds, and also allows for comparative monitoring between regions.

Гематологические параметры крупного рогатого скота отражают его физиологический статус, состояние здоровья, полноценность кормления, уровень стресса и напряженность иммунных реакций [1–3]. Практически все гематологические показатели демонстрируют широкую фенотипическую изменчивость и в высокой степени наследуются, что подчеркивает важность генетических вариаций в процессах гемопоэза [4, 5]. При изучении гематологического статуса сельскохозяйственных животных в большинстве случаев обращаются к оценке изменений в количестве и распределении основных типов клеток крови, включая лейкоциты (WBC), эритроциты (RBC) и тромбоциты (PLT), гемоглобина, гематокрита, а также рассчитываемых эритроцитарных, лейкоцитарных и тромбоцитарных индексов [6, 7].

Гематологические показатели могут существенно отличаться у скота с различными направлениями и уровнями продуктивности, формируя специфические метаболические профили у высокопродуктивных животных, характеризующие не только их генетические особенности, но и адаптацию к производственным системам [8–10]. Сегодня среди факторов, обуславливающих взаимосвязь гематологических параметров с показателями продуктивности, рассматривают не только общее влияние показателей крови на здоровье животных, но и генетические аспекты. Например, в работе

[11] показано, что транскрипция каталитической субъединицы бычьего белка АТФ5В как ключевого регулятора окислительного метаболизма и содержания внутримышечного жира регулируется в том числе эритроидным фактором транскрипции GATA-1. Данный фактор играет ключевую роль в развитии эритроцитов, регулируя транскрипцию мембранного белка спектрина, смену фетального гемоглобина на взрослый [12].

Множество паратипических факторов оказывают влияние на гематологические показатели крупного рогатого скота [13]. Среди них предикторы, связанные с сезоном года, климатом и микроклиматом [14]. Большинство средовых факторов, влияющих на состав крови сельскохозяйственных животных, также реализуется через механизмы эндокринной регуляции, поскольку обусловлены стрессом. Они связывают и активируют внутриклеточные рецепторы, которые являются прямыми модуляторами транскрипции. В частности, эффекты глюкокортикоидов реализуются за счет связывания гормонов с рецептором глюкокортикоидов, идентифицированным в качестве одного из ключевых регуляторов гемопоэза [15, 16].

Гематологические параметры могут различаться у разных пород крупного рогатого скота, что отражает генетические различия и потенциальную адаптацию к конкретным условиям окружающей среды [17]. Понимание этих

различий имеет важное значение для оценки здоровья, производительности и физиологических характеристик различных пород крупного рогатого скота, что помогает в управлении и оптимизации методов животноводства. Целью данного исследования была оценка особенностей гематологических профилей основных пород крупного рогатого скота молочного направления, разводимых в условиях Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В экспериментальную группу были включены коровы 30–60 дня 2-й лактации молочного направления продуктивности, разводимые в условиях Западной Сибири. Необходимыми условиям включения животных в исследования были: отсутствие заболеваний, установленное ветеринарным врачом, и продуктивность на уровне 9 000 – 10 000 кг молока за лактацию. Было отобрано 59 коров голштинской породы, 80 черно-пестрой и 64 красной степной. Материалом исследования служила венозная кровь, полученная вакуумным методом из хвостовой вены. Исследования периферической крови проводились на анализаторе PCE 90Vet без гемоделиции с микроскопией мазков для подсчета лейкоцитарной формулы.

Подсчитывали лейкоцитарные индексы: ИИР – иммунореактивности (частное суммы лимфоцитов и эозинофилов к моноцитам); нейтрофильно-лимфоцитарный и индекс соотношения тромбоцитов к лимфоцитам.

Предварительная обработка данных включала в себя оценку выбросов с помощью критерия Граббса, оценку характера распределения тестами Андерсона – Дарлинга (при $n > 50$) и/или Шапиро – Уилка. Преобразование данных в случае не соответствующих нормальному распределений выполняли логарифмированием или методом квадратного корня. Использовали стандартные методы описательной статистики или робастные статистики. Однородность дисперсии оценивали тестом Бартлетта. Межгрупповые сравнения в зависимости от характера распределения, размеров групп и однородности дисперсий проводили с помощью однофактор-

ного дисперсионного анализа или критерия Краскера–Уоллеса. Для апостериорных использовали метод Тьюки или тест Данна. При расчете референсных интервалов пользовались бутстреп-методом с установлением 90 % доверительных интервалов (ДИ) для верхнего и нижнего пределов.

Вычисления производили в программах MS Excel 16.0 и RStudio.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Систематизированная информация о гематологическом статусе крупного рогатого скота с акцентом на породную принадлежность позволяет оценивать физиологическое состояние животных и является одним из наиболее широко используемых инструментов мониторинга в современном животноводстве.

В табл. 1 представлены показатели содержания и изменчивости эритроцитарных и тромбоцитарных параметров гемограммы у коров исследуемых пород. Для наиболее точного установления средних величин гемограммы на этапе предварительной обработки были устранены выбросы методом Граббса, при распределениях, не соответствующих нормальному, данные были преобразованы методами логарифмирования или квадратного корня. Однако в ряде случаев это не дало успеха, распределения не соответствовали нормальному, поэтому средние величины представлены медианными значениями.

Основную массу клеток крови составляют эритроциты, ключевой функцией которых является перенос кислорода и углекислого газа. При этом эритроциты метаболически активны, играют важную роль в обратном транспорте холестерина, в процессах свертывания, фибринолиза, участвуют в регуляции кислотно-основного равновесия, иммунологических реакциях [18, 19]. Уровень эритроцитов, гемоглобина, среднего объема эритроцитов у животных всех пород варьировал в пределах общепринятой нормы, которая составляет соответственно 5–10 $\times 10^{12}/л$; 80–150 г/л и 37–51 фл. НСТ у голштинской незначительно снижены (норма 24–46 %). Наши данные соотносятся с результатами других исследователей [3, 13, 19].

Таблица 1

Эритроцитарные и тромбоцитарные параметры у исследуемых пород коров в Западной Сибири
Erythrocyte and platelet parameters in cows in Western Siberia

Показатель	Порода								
	Голштинская			Черно-пестрая			Красная степная		
	$\bar{x} \pm Sx$	σ	$Cv, \%$	$\bar{x} \pm Sx$	σ	$Cv, \%$	$\bar{x} \pm Sx$	σ	$Cv, \%$
RBC, $\times 10^{12}/л$	5,39±0,12	0,92	17,1	6,63±0,102	0,57	8,59	5,95±0,03	0,2	3,36
	$W = 0,98, p = 0,611$			$W = 0,99, p = 0,805$			$W = 0,96, p = 0,069$		
MCV, фл	41,88±0,89	3,96	9,45	42,56±0,43	3,79	8,91	42,72±0,49	3,99	9,33
	$W = 0,94, p = 0,216$			$W = 0,97, p = 0,055$			$W = 0,97, p = 0,146$		
HGB, г/л	87,21±1,18	7,75	8,87	91,76±0,99	8,76	9,55	98,32±1,53	12,56	12,77
	$W = 0,98, p = 0,919$			$W = 0,98, p = 0,172$			$W = 0,99, p = 0,604$		
HCT, %	22,98 ±0,6	2,69	11,71	27,99 ±0,31	2,77	9,89	Me = 26,3		
	$W = 0,99, p = 0,990$			$W = 0,98, p = 0,425$			$W = 0,93, p = 0,001$		
PLT, $\times 10^9/л$	185,4 ±15,8	67,15	36,2	337,9 ±11,37	99,1	29,3	279,5 ±22,13	161,1	57,6
	$W = 0,95, p = 0,424$			$W = 0,99, p = 0,584$			$W = 0,97, p = 0,142$		
MPV, фл	6,06 ±0,89	0,25	4,13	Me = 5,9			6,42±0,08	0,55	8,56
	$W = 0,99, p = 0,988$			$W = 0,95, p = 0,003$			$W = 0,97, p = 0,245$		
PCT, %	0,11±0,009	0,04	36,4	0,2±0,005	0,05	25,0	0,20±0,006	0,05	25,1
	$W = 0,92, p = 0,127$			$W = 0,98, p = 0,50$			$W = 0,99, p = 0,604$		

Примечание. RBC – абсолютное число эритроцитов, MCV – средний объем эритроцитов, HGB – гемоглобин, HCT – гематокрит, PLT – абсолютное число тромбоцитов, MPV – средний объем тромбоцитов, PCT – тромбокрит, $\bar{x} \pm Sx$ – среднее арифметическое и ошибка среднего арифметического, Me – медианное значение, σ – среднее арифметическое отклонение, Cv – коэффициент вариации, W – статистика критерия Шпирро–Уилка. $p > 0,05$ – распределение признака нормальное.

Применение автоматических анализаторов при оценке гемограммы дает возможность определения эритроцитарных и тромбоцитарных индексов, повышающих объективность результатов. Эритроцитарный индекс MCV вычисляется путем деления общего объема эритроцитов на их количество и представляет собой средний объем клеток в популяции. Нужно принимать во внимание, что нормальное значение индекса MCV может наблюдаться при наличии в организме как крупных, так и мелких по объему эритроцитов. В наших исследованиях распределение MCV было нормальным, соответственно субпопуляций эритроцитов с разным MCV не было.

Количество тромбоцитов у всех трех пород коров варьировало в пределах нормальных значений, наибольшим числом характеризовались коровы черно-пестрой породы. Нормальные показатели тромбоцитов у крупного рогатого скота определяются как 120 000–800 000/мкл крови. Наши данные согласуются с данными других исследователей [3, 19]. Уровни MPV и PDW

укладываются в норму 4,5–6,7 фл и 14–17 % соответственно. Достаточно низкий уровень тромбоцитов у коров голштинской породы отражается на том, что у них снижен уровень тромбокрита (норма 0,15–0,4). У животных черно-пестрой и красной степной пород PCT в пределах нормы.

В табл. 2 представлены лейкоцитарные параметры у исследуемых коров. Общее количество лейкоцитов варьировало в пределах нормальных значений ($5–16 \times 10^9/л$), что свидетельствует о способности организма формировать эффективный иммунный ответ. Для оценки клеточного состава лейкоцитов нами использовался лейкоцитарный профиль, определяемый как абсолютное количество отдельных популяций лейкоцитов. Анализ абсолютного количества клеток позволяет избежать ошибочных суждений, связанных с пограничными значениями, поскольку лейкоцитарная формула соответствует профилю, только когда общее количество лейкоцитов находится в середине референсного интервала.

Лейкоцитарные параметры у коров молочных пород в Западной Сибири
Leukocyte parameters of dairy cows in Western Siberia

Показатель	Порода								
	Голштинская			Черно-пестрая			Красная степная		
	$\bar{x} \pm Sx$	σ	$Cv, \%$	$\bar{x} \pm Sx$	σ	$Cv, \%$	$\bar{x} \pm Sx$	σ	$Cv, \%$
WBC, $\times 10^9/\text{л}$	14,21 \pm 0,23	1,74	12,2	9,92 \pm 0,29	2,59	26,1	9,02 \pm 0,14	1,03	11,41
	$W = 0,96, p = 0,106$			$W = 0,99, p = 0,573$			$W = 0,98, p = 0,363$		
BAS, $\times 10^9/\text{л}$	$Me = 0$			$Me = 0$			$Me = 0$		
	$W = 0,38, p < 0,001$			$W = 0,49, p < 0,001$			$W = 0,18, p < 0,001$		
EOS, $\times 10^9/\text{л}$	$Me = 0,12$			$Me = 0,88$			$Me = 0,207$		
	$W = 0,88, p < 0,001$			$W = 0,96, p = 0,024$			$W = 0,92, p < 0,001$		
NEUT палочко-дер., $\times 10^9/\text{л}$	$Me = 0,09$			$Me = 0$			$Me = 0,069$		
	$W = 0,4, p < 0,001$			$W = 0,69, p < 0,001$			$W = 0,4, p < 0,001$		
NEUT сегментоядер., $\times 10^9/\text{л}$	3,38 \pm 0,05	0,37	10,9	2,28 \pm 0,023	0,21	9,21	2,68 \pm 0,02	0,16	6,27
	$W = 0,98, p = 0,408$			$W = 0,98, p = 0,152$			$W = 0,98, p = 0,628$		
LYM, $\times 10^9/\text{л}$	$Me = 9,48$			5,53 \pm 0,27	2,47	44,7	4,94 \pm 0,28	2,16	43,7
	$W = 0,9, p < 0,001$			$W = 0,98, p = 0,404$			$W = 0,97, p = 0,153$		
MON, $\times 10^9/\text{л}$	0,26 \pm 0,008	0,06	23,1	$Me = 0,15$			0,29 \pm 0,01	0,08	27,6
	$W = 0,98, p = 0,537$			$W = 0,91, p < 0,001$			$W = 0,96, p = 0,075$		
ИИР	$Me = 26,26$			$Me = 33,5$			$Me = 28$		
	$W = 0,96, p = 0,038$			$W = 0,92, p < 0,001$			$W = 0,9, p < 0,001$		
НЛИ	$Me = 0,32$			$Me = 0,34$			$Me = 0,57$		
	$W = 0,92, p < 0,001$			$W = 0,87, p < 0,001$			$W = 0,98, p = 0,306$		
ИСТЛ	15,68 \pm 0,18	0,84	5,36	57,4 \pm 0,26	2,23	12,7	$Me = 58,79$		
	$W = 0,95, p = 0,311$			$W = 0,98, p = 0,375$			$W = 0,94, p = 0,008$		

Примечание. WBC – абсолютное число лейкоцитов, EOS – абсолютное число эозинофилов, BAS – абсолютное число эозинофилов, LYM – абсолютное число лимфоцитов, MON – абсолютное число эозинофилов, NEUT – абсолютное число нейтрофилов, ИИР – индекс иммунореактивности, НЛИ – нейтрофильно-лимфоцитарный индекс, ИСТЛ – индекс соотношения тромбоцитов к лимфоцитам.

Абсолютное количество всех типов лейкоцитов находилось в пределах физиологической нормы, которая для базофилов составляет $0,00-0,35 \times 10^9/\text{л}$, для эозинофилов – $0,00-1,30 \times 10^9/\text{л}$, нейтрофилов без деления по степени зрелости – $0,60-4,90 \times 10^9/\text{л}$, лимфоцитов – $2,50-11,80 \times 10^9/\text{л}$ и моноцитов – $0,00-1,02 \times 10^9/\text{л}$. На рисунке представлена диаграмма размаха лейкоцитарного профиля, которая отражает лимфоцитарный профиль крови у крупного рогатого скота, а также демонстрирует, что более высокой фенотипической изменчиво-

стью всех типов клеток, кроме эозинофилов, характеризуются коровы голштинской породы.

Соотношение клеток в лейкоцитарном профиле достаточно широко используется для оценки неспецифических реакций адаптации, поскольку является интегральным показателем баланса гомеостатических систем и защитных механизмов организма. Индексы иммунореактивности, нейтрофильно-лимфоцитарный и соотношения тромбоцитов к лимфоцитам (см. табл. 2) в последние годы активно обсуждаются и широко представлены в исследовательских работах, потому что позволяют провести скринин-

говую оценку состояния иммунной системы и прогнозировать течение и исход патологических процессов. При расчете указанных индексов учитывается количество лимфоцитов, особенно ответственных за адаптивный иммунитет, что при лимфоцитарном типе крови у крупного рогатого скота приобретает значимость. Фенотипическое разнообразие лимфоцитов, создаваемое мембранными антигенными детерминантами, обеспечивает элиминацию антигенов, регулирующую BOLA класса I [20]. Сегодня есть упоминания о том, что взаимодействия и соотношения между нейтрофилами, тромбоцитами и лимфоцитами отражают адаптивный ответ, возможно, точнее, чем уровни рецепторов цитотоксических Т-лимфоцитов PDL-1 и PD1 [21].

Более низкие уровни НЛИ и ИСТЛ и, наоборот, более высокие значения индекса иммунореактивности, формируемые при высоких уровнях лимфоцитов, являются благоприятными прогностическими предикторами в каждой области применения, отражая сохраненный иммунный баланс. Нормальные значения перечисленных индексов у крупного рогатого скота требуют обсуждения, особенно в плане породной принадлежности. Последние десятилетия активно обсуждаются биологические роли тромбоцитов, не связанные с гемостатической функцией. Установлено, что тромбоциты обладают характеристиками клеток, связанных с врожденным иммунитетом [22].

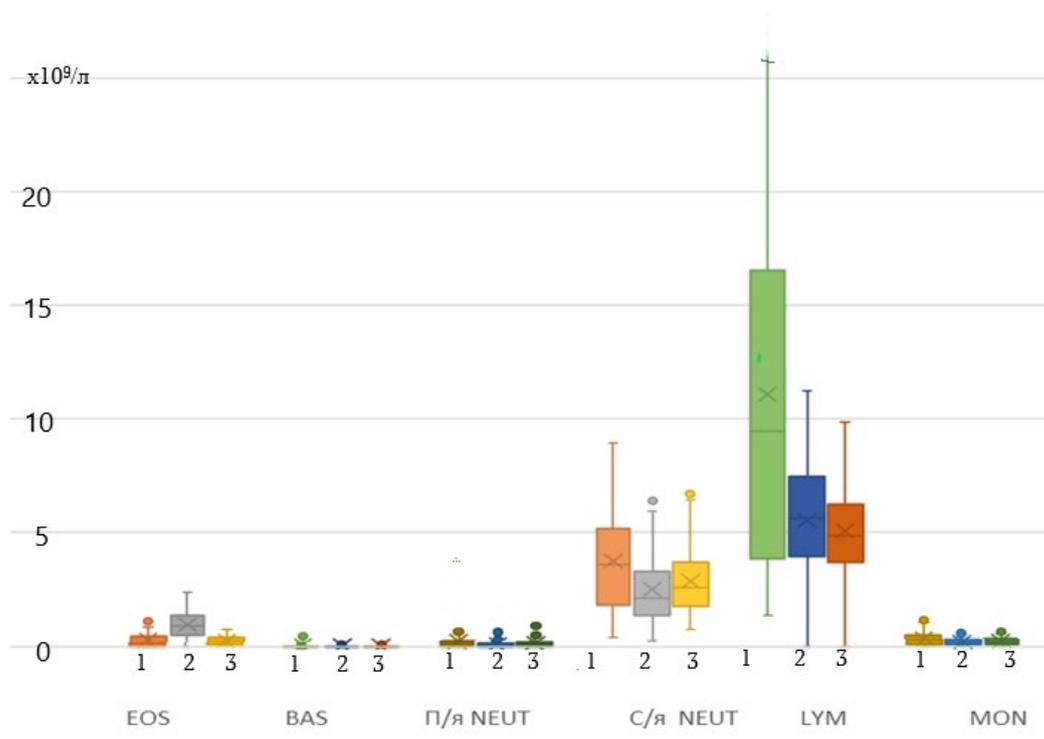


Диаграмма размаха показателей лейкоцитарного профиля коров разных пород Западной Сибири: 1 – голштинская порода, 2 – черно-пестрая, 3 – красная степная, п/я NEUT – палочкоядерные нейтрофилы, с/я NEUT – сегментоядерные нейтрофилы

Diagram of the range of indicators of the leukocyte profile of cows of different breeds of Western Siberia: 1 – Holstein breed, 2 – black-and-white, 3 – red steppe, p/u NEUT – band neutrophils, p/u NEUT – segmented neutrophils

Оценивая межпородные различия при нормальном распределении, равенстве и однородности дисперсий, применяли однофакторный дисперсионный анализ. В иных случаях использовали критерий Краскера–Уоллеса (табл. 3).

Нами установлены различия между породами практически по всем изученным показателям кроме эритроцитов, MCV, базофилов, палочкоядерных нейтрофилов, индекса иммунореактивности.

Таблица 3

**Влияние фактора породы на гематологические показатели у коров в Западной Сибири
Influence of breed factor on hematological parameters in cows in Western Siberia**

Показатель	Критерий Фишера	p-value	Показатель	Критерий Краскелла-Уоллеса	p-value
RBC	0,1083	0,1083	НСТ	32,6206	8,251e ⁻⁸
MCV	0,04603	0,955	MPV	19,3039	0,0000643
HGB	12,7752	0,000007123	ИСТЛ	43,0673	4,447e ⁻¹⁰
PLT	12,2735	0,00001204	Эозинофилы	75,8503	0
PCT	22,008	3,702e ⁻⁹	Базофилы	6,1782	0,0554
WBC	24,2516	4,216e ⁻¹⁰	Палочкоядерные нейтрофилы	12,5648	0,06444
			Сегментоядерные нейтрофилы	7,0852	0,02894
			Лимфоциты	22,2069	0,00001506
			Моноциты	10,4666	0,005336
			ИИР	5,0139	0,08152
			НЛИ	18,3838	0,0001019

Примечание. P > 0,05 – статистически значимых различий между группами нет.

При апостериорных сравнениях, проведенных в зависимости от характера распределения с помощью теста Тьюки или теста Данна, в большинстве случаев подтверждены межпородные различия (табл. 4). Уровни гемоглобина, эозинофилов, сегментоядерных нейтрофилов, моноцитов у коров голштин-

ской и красной степной пород не отличались. У животных черно-пестрой и красной степной пород количество тромбоцитов, лейкоцитов, сегментоядерных нейтрофилов, общее число лейкоцитов, лимфоцитов, моноцитов, тромбоцит, ИСТЛ не отличалось.

Таблица 4

Апостериорные сравнения гематологических показателей при установлении межпородных различий у коров в Западной Сибири

Post hoc comparisons of hematological parameters when establishing interbreed differences in Western Siberian cows

Показатель	Голштинская – черно-пестрая	Голштинская – красная степная	Черно-пестрая – красная степная
Статистика теста Тьюки (p-value)			
HGB	2,903 (8,837e ⁻¹¹)	1,8785 (0,3817)	14,8546 (8,813e ⁻¹¹)
Тромбоциты	6,8187 (0,00001072)	4,2655 (0,008467)	3,4501 (0,04188)
PCT	9,1084 (4,176e ⁻⁹)	8,6286 (2,347e ⁻⁸)	0,6181 (0,9001)
Лейкоциты	7,8289 (3,067e ⁻⁷)	9,2938 (1,512e ⁻⁹)	2,223 (0,2604)
Статистика теста Данна (p-value)			
MPV	0,8128 (0,4163)	2,0641 (0,03901)	4,3767 (0,00001205)
НСТ	5,1804 (1,107e ⁻⁷)	2,4967 (0,006268)	3,8336 (0,00006313)
Эозинофилы	7,4334 (1,057e ⁻¹³)	0,5827 (0,5601)	7,2356 (4,636e ⁻¹³)
Сегментоядерные нейтрофилы	2,5475 (0,01085)	0,7925 (0,4281)	1,7892 (0,07358)
Лимфоциты	3,5658 (0,0003628)	4,5529 (0,00005291)	1,3437 (0,179)
Моноциты	3,2352 (0,001216)	1,824 (0,06814)	1,3558 (0,1752)
ИСНЛ	1,2329 (0,2176)	4,0736 (0,00004629)	3,1621 (0,00004629)
ИСТЛ	6,2568 (3,929e ⁻¹⁰)	6,0303 (1,636e ⁻⁹)	0,04415 (0,9648)

Примечание. P > 0,05 – статистически значимых различий между группами нет.

Коровы голштинской породы превосходили животных других пород по общему количеству лейкоцитов, лимфоцитов, при этом характеризовались наиболее низким числом тромбоцитов, а также низким тромбокритом и тромбоцитарно-лимфоцитарным индексом. Комплекс перечисленных особенностей отражает наиболее высокий адаптационный потенциал этой породы. Для коров черно-пестрой породы был характерен наиболее высокий уровень гематокрита, эозинофилов, тромбоцитов, для красной степной – наиболее высокий уровень гемоглобина, моноцитов и средний объем тромбоцитов. По гематокриту ранжированный ряд пород в порядке уменьшения выглядит сле-

дующим образом: черно-пестрая – красная степная – голштинская.

В зоотехнической и ветеринарной практике может возникать проблема расхождения референсных интервалов (РИ), предоставляемых производителями лабораторных тестов или оборудования, с данными, получаемыми при исследовании животных. Это определяет необходимость выработки референсных интервалов для конкретной популяции. Нами были рассчитаны РИ для всех гематологических показателей для трех оцениваемых пород. В данной статье мы приводим РИ с 90 % ДИ верхнего и нижнего пределов для показателей лейкоцитарного профиля, как наиболее часто встречающиеся в литературных источниках.

Таблица 5

Референсные интервалы лейкоцитарного профиля у коров в Западной Сибири, $\times 10^9/\text{л}$
Reference intervals of leukocyte profile in cows in Western Siberia, $\times 10^9/\text{l}$

Показатель	Породы	РИ	90 % ДИ нижнего предела	90 % ДИ верхнего предела
WBC	Голштинская	3,3–28,2	2,3–5,56	24,937–31,463
	Черно-пестрая и красная степная	5,5–11,2	5,06–5,94	10,76–11,64
BAS	Для всех пород	0,07–0,28	0,03–0,11	0,23–0,32
EOS	Голштинская и красная степная	0,04–0,38	0,01–0,08	0,35–0,42
	Черно-пестрая	0,22–1,39	0,09–0,34	1,26–1,51
NEUT палочкоядерные	Для всех пород	0,05–0,20	0,04–0,07	0,18–0,22
NEUT сегментоядерные	Голштинская и красная степная	0,70–4,58	0,37–1,04	4,25–4,92
	Черно-пестрая	0,48–3,02	0,22–0,74	2,76–3,29
LYM	Голштинская и красная степная	2,71–6,95	2,27–3,15	6,51–7,40
	Черно-пестрая	2,82–8,75	2,22–3,42	8,14–9,35
MON	Голштинская и красная степная	0,05–0,38	0,02–0,08	0,35–0,41
	Черно-пестрая	0,06–0,32	0,03–0,09	0,29–0,35

Гематологические исследования являются неотъемлемой частью процесса принятия решений зоотехническими и ветеринарными специалистами. Существуют различия в РИ показателей гемограммы у здоровых животных не только разных видов, но и породы, пола, направления продуктивности, периода онтогенеза.

Особое значение приобретает правильная оценка гематологического статуса коров с высоким уровнем молочной продуктивности, поскольку это позволяет оценивать здоровье в условиях максимальных нагрузок на организм, а также обеспечивает возможность сравнения данных между различными селекционными группами.

ВЫВОДЫ

1. У коров голштинской, черно-пестрой, красной степной пород в возрасте 30–60 дня 2-й лактации, выращиваемых в Западной Сибири, были определены средние значения гематологических показателей, которые в большинстве случаев находились в пределах физиологических норм, что свидетельствует об оптимальном течении гемопоэтических процессов и адаптации животных к технологическим и климато-географическим условиям.

2. По комплексу гематологических показателей (общему количеству лейкоцитов, лимфоцитов, тромбоцитов, уровню тромбокрита,

тромбоцитарно-лимфоцитарному индексу) наиболее высоким адаптационным потенциалом характеризовались коровы голштинской породы.

3. Установленные по большинству параметров межпородные различия свидетельствуют о генетической детерминации гематологических показателей у крупного рогатого скота.

4. Определенные РИ для гематологических показателей коров голштинской, черно-пестрой, красной степной пород с уровнем продуктивности 9 000–10 000 кг обеспечивают возможность сравнения результатов с данными по другим породам, а также позволяют вести сравнительный мониторинг между регионами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Hematological and performance parameters trend in steers and heifers in feed lot and supplemented with palm oil (Elaeis guineensis jack) / E.J. Flores-Santiago [et al.] // International Journal of Veterinary Science. – 2023. – Vol. 12, N 3. – P. 414–421. – DOI: 10.47278/journal.ijvs/2022.206.*
2. *Productive Performance and Blood Biochemical Parameters of Dairy Cows Fed Different Levels of High-Protein Concentrate / N. Buryakov [et al.] // Frontiers in Veterinary Science. – 2022. – Vol. 9. – C. 852240. – DOI: 10.3389/fvets.2022.852240.*
3. *Вариабельность гематологических показателей у коров в зависимости от физиологического статуса / М.Л. Кочнева, А.И. Зенкова, К.В. Жучаев [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 4 (65). – С. 122–131. – DOI: 10.31677/2072-6724-2022-65-4-122-131.*
4. *Bao E.L., Cheng A.N., Sankaran V.G. The genetics of human hematopoiesis and its disruption in disease // EMBO molecular medicine. – 2019. – Т. 11, N 8. – P. e10316. – DOI: 10.15252/emmm.201910316 10.15252/emmm.201910316.*
5. *Genetic Basis of Blood-Based Traits and Their Relationship with Performance and Environment in Beef Cattle at Weaning / J. Chinchilla-Vargas [et al.] // Front. Genet. – 2020. – Vol. 11. – P. 717. – DOI: 10.3389/fgene.2020.00717.*
6. *Evaluation of four veterinary hematology analyzers for bovine and ovine blood counts for in vitro testing of medical devices / I.L. Pieper [et al.] // Artificial Organs. – 2016. – Vol. 40, N 11. – P. 1054–1061. – DOI: 10.1111/aor.12703.*
7. *Биохимические и морфологические показатели крови коров с субклинической формой мастита / Т.В. Зубова, В.А. Плешков, О.В. Смоловская, А.В. Семечкова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 2 (67). – С. 181–189. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-181-189.*
8. *Biochemical and Haematological Blood Parameters at Different Stages of Lactation in Cows / C.O. Coroian [et al.] // Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies. – Vol. 74 (1). – P. 31–36. – DOI: 10.15835/buasvmcn-asb:12283.*
9. *Comparative evaluation of hematological parameters in Hardhenu, Hariana and Sahiwal cattle at different age groups / D. Kumar [et al.] // Journal of Animal Research. – 2017. – Vol. 7, N 1. – C. 33–38. – DOI: 10.5958/2277-940X.2017.00006.7.*
10. *Variability of basic blood parameters in dependence of physiological status in highly productive cows / V.M. Gukezhev [et al.] // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Vol. 254. – C. 08021. – DOI: 10.1051/e3sconf/202125408021.*
11. *Characterization of the promoter region of bovine ATP5B: roles of MyoD and GATA1 in the regulation of basal transcription / Z. Zhao [et al.] // Animal Biotechnology. – 2022. – Vol. 33, N 4. – C. 757–764. – DOI: 10.1080/10495398.2020.1837848.*

12. *Fetal origin of the GATA1 mutation in identical twins with transient myeloproliferative disorder and acute megakaryoblastic leukemia accompanying Down syndrome* / A. Shimada [et al.] // *Blood*. – 2004. – Vol. 103, N 1. – С. 366–366. – DOI: 10.1182/blood-2003-09-3219.
13. *Impacts of heat stress on blood metabolic in different periods of lactation and pregnancy in Holstein cows* / O.A. Saeed [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – IOP Publishing, 2021. – Vol. 779, N 1. – С. 012013. – DOI: 10.1088/1755-1315/779/1/012013.
14. *Effect of microclimatic variables on physiological and hematological parameters of crossbred cows in summer season* / R. Sinha [et al.] // *Indian Journal of Animal Research*. – 2019. – Vol. 53, N 2. – С. 173–177. – DOI: 10.18805/ijar.B-3480.
15. *Revollo J.R., Cidlowski J.A. Mechanisms generating diversity in glucocorticoid receptor signaling* // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 2009. – Vol. 1179, N 1. – С. 167–178. – DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.04986.x.
16. *Effects of glucocorticoids and mineralocorticoids on proliferation and maturation of human peripheral blood stem cells* / S. Grafte Faure [et al.] // *American journal of hematology*. – 1999. – Vol. 62, N 2. – P. 65–73. – DOI: 10.1002/(sici)1096-8652(199910)62:2<65::aid-ajh1>3.0.co;2-g.
17. *Физиологический статус быков производителей трех пород в эколого-климатических условиях Алтайского края* / Л.В. Осадчук, М.А. Клещев, О.И. Себежко [и др.] // *Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова с международным участием, Воронеж, 18–22 сентября 2017 года*. – Воронеж, 2017. – С. 2482–2484. – EDN XXZQTZ.
18. *Современные аспекты метаболизма холестерина у крупного рогатого скота* / О.И. Себежко, К.Н. Нарожных, О.С. Короткевич [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2021. – № 2 (59). – С. 91–105. – DOI 10.31677/2072-6724-2021-59-2-91-105. – EDN AVKKTQ.
19. *Joerling J., Doll K. Monitoring of iron deficiency in calves by determination of serum ferritin in comparison with serum iron: A preliminary study* // *Open Veterinary Journal*. – 2019. – Vol. 9, N 2. – С. 177–184. – DOI: 10.4314/ovj.v9i2.14 10.4314/ovj.v9i2.14.
20. *BoLA class I allele diversity and polymorphism in a herd of cattle* / S. Babiuk [et al.] // *Immunogenetics*. – 2007. – Vol. 59. – P. 167–176. DOI: 10.1007/s00251-006-0173-7.
21. *Inflammatory and autoimmune predictive markers of response to anti-PD-1/PD-L1 therapy in NSCLC and melanoma* / A.A. Musaelyan [et al.] // *Experimental and Therapeutic Medicine*. – 2022. – Vol. 24, N 3. – P. 1–12. – DOI: 10.3892/etm.2022.11495.
22. *Blood platelets as activators and regulators of inflammatory and immune reactions. Part 2. Thrombocytes as participants of immune reactions* / N.B. Serebryanaya [et al.] // *Medical Immunology (Russia)*. – 2019. – Vol. 21, N 1. – P. 9–20. – DOI: 10.15789/1563-0625-2019-1-9-20.

REFERENCES

1. Flores-Santiago EDJ, González-Garduño R, Sosa-Pérez G, Villa-Mancera A and Córdova-Pérez C, Hematological and performance parameters trend in steers and heifers in feed lot and supplemented with palm oil (*Elaeis guineensis* Jack), *International Journal of Veterinary Science*, 2023. Vol. 12 (3), pp. 414–421, doi.org/10.47278/journal.ijvs/2022.206.
2. Buryakov, N., Aleshin, D., Buryakova, M., Zaikina, A., Nasr, M., Nassan, M., Fathala, M., Productive Performance and Blood Biochemical Parameters of Dairy Cows Fed Different Levels of High-Protein Concentrate, *Frontiers in Veterinary Science*, 2022, Vol. 9, pp. 852240, DOI: 10.3389/fvets.2022.852240.
3. Kochneva M.L., Zenkova A.I., Zhuchayev K.V. [i dr.], *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. 4 (65), pp. 122–131, DOI 10.31677/2072-6724-2022-65-4-122-131. (In Russ.)
4. Bao E.L., Chen, A.N., Sankaran V.G., The genetics of human hematopoiesis and its disruption in disease, *EMBO Molecular Medicine*, 2019, T. 11, No. 8, pp. e10316, DOI: 10.15252/emmm.201910316 10.15252/emmm.201910316.
5. 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, *Front. Genet*, 2020, Vol. 11, pp. 717, DOI: 10.3389/fgene.2020.00717.

6. Pieper I.L., Friedmann Y., Jones A., Thornton C., Evaluation of Four Veterinary Hematology Analyzers for Bovine and Ovine Blood Counts for In Vitro Testing of Medical Devices, *Artificial Organs*, 2016, Vol. 40 (11), pp. 1054–1061. – DOI: 10.1111/aor.12703.
7. Zubova T.V., Pleshkov V.A., Smolovskaya O.V., Semechkova A.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. 2 (67), pp. 181–189, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-181-189. (In Russ.)
8. Coroian C.O., Mireşan V., Coroian A. [et al.], Biochemical and haematological blood parameters at different stages of lactation in cows. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 2017, Vol. 74 (1), pp. 31–36, DOI: 10.15835/buas-vmcn-asb:12283.
9. Kumar D., Kumar S., Gera S. [et al.], Comparative evaluation of hematological parameters in Hardhenu, Haryana and Sahiwal cattle at different age groups, *Journal of Animal Research*, 2017, Vol. 7 (1), pp. 33–38, DOI: 10.5958/2277-940X.2017.00006.7.
10. Gukezhev V.M., Kurashev J.H., Zhekamukhov M.H. [et al.], Variability of basic blood parameters in dependence of physiological status in highly productive cows, *In E3S Web of Conferences*, 2021, Vol. 254, pp. 08021, DOI: 10.1051/e3sconf/202125408021.
11. Zhao Z., Raza S.H.A., Luo Y. [et al.], Characterization of the promoter region of bovine ATP5B: roles of MyoD and GATA1 in the regulation of basal transcription, *Animal Biotechnology*, 2022, Vol. 33 (4), pp. 757–764, DOI: 10.1080/10495398.2020.1837848.
12. Shimada A., Xu G., Toki T. [et al.], Fetal origin of the GATA1 mutation in identical twins with transient myeloproliferative disorder and acute megakaryoblastic leukemia accompanying Down syndrome, *Blood*, 2004, Vol. 103 (1), pp. 366–366, DOI: 10.1182/blood-2003-09-3219.
13. Saeed O.A. [et al.], Impacts of heat stress on blood metabolic in different periods of lactation and pregnancy in Holstein cow, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 2021, Vol. 779, No. 1, pp. 012013, DOI: 10.1088/1755-1315/779/1/012013.
14. Sinha R., Kamboj M.L., Ranjan A., Devi I., Effect of microclimatic variables on physiological and hematological parameters of crossbred cows in summer season, *Indian Journal of Animal Research*, 2019, Vol. 53(2), pp. 173–177, DOI: 10.18805/ijar.B-3480.
15. Revollo J.R., Cidlowski J.A., Mechanisms generating diversity in glucocorticoid receptor signaling, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2009, Vol. 1179 (1), pp. 167–178, DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.04986.x.
16. Grafte-Faure S., Leveque C., Vasse M., Soria C., Norris V., Vannier J.-P., Effects of glucocorticoids and mineralocorticoids on proliferation and maturation of human peripheral blood stem cells. *American Journal of Hematology*, 1999, Vol. 62 (2), pp. 65–73, Doi: 10.1002/(sici)1096-8652(199910)62:2<65::aid-ajh1>3.0.co;2-g.
17. Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Sebezsko O.I., Korotkevich O.S. Petukhov V.L., *Materialy XXIII s"ezda Fiziologicheskogo obshchestva im. IP Pavlova s mezhdunarodnym uchastiem* (Materials of the XXIII Congress of the Physiological Society named after. I. P. Pavlova with international participation), Voronezh, September 18–22, 2017, Voronezh: Istoki Publishing House, 2017, pp. 2482–2484. (In Russ.)
18. Sebezsko O.I., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., Aleksandrova D.A., Morozov I.N., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2021, No. 2 (59), pp. 91–105, DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-91-105. (In Russ.)
19. Joerling J., Doll K., Monitoring of iron deficiency in calves by determination of serum ferritin in comparison with serum iron: A preliminary study, *Open Veterinary Journal*, 2019, Vol. 9 (2), pp. 177–184, DOI: 10.4314/ovj.v9i2.14 10.4314/ovj.v9i2.14.
20. Babiuk S., Horseman B., Zhang C. [et al.], BoLA class I allele diversity and polymorphism in a herd of cattle, *Immunogenetics*, 2007, Vol. 59, pp. 167–176, DOI: 10.1007/s00251-006-0173-7.
21. Musaelyan A.A., Lapin S.V., Urtenova M.A. [et al.], Inflammatory and autoimmune predictive markers of response to anti-PD-1/PD-L1 therapy in NSCLC and melanoma, *Experimental and Therapeutic Medicine*, 2022, Vol. 24 (3), pp. 1–12, DOI:10.3892/etm.2022.11495.
22. Serebryanaya N.B., Shanin S.N., Fomicheva E.E., Yakutseni P.P., Blood platelets as activators and regulators of inflammatory and immune reactions. Part 2. Thrombocytes as participants of immune reactions, *Medical Immunology (Russia)*, 2019, Vol. 21 (1), pp. 9–20, DOI: 10.15789/1563-0625-2019-1-9-20.