

УДК 612.112:636.4.082.13

DOI: 10.55934/2587-8824-2023-30-2-236-242

**РОЛЬ ГОРМОНОВ ТИРЕОИДНОЙ ОСИ В ФОРМИРОВАНИИ
ЛЕЙКОЦИТАРНОГО СОСТАВА КРОВИ ХРЯЧКОВ И СВИНОК
РЕМОНТНОГО СТАДА****М. А. Дерхо, Р. С. Мекин, А. О. Дерхо**

Дана сравнительная оценка лейкоцитарного пула крови у ремонтного молодняка свиней в зависимости от пола, породы и уровня тиреоидных гормонов в кровотоке. Установлено, что в периферическом кровеносном русле свинок и хрячков общее количество лейкоцитов превышает границу нормы на 11,68–23,37 и 5,18–29,25% и составляет в среднем по группе $18,70 \pm 0,51$ и $18,39 \pm 1,28 \cdot 10^9/\text{л}$. На лейкоцитарный пул крови не влияет пол свиней; с породой животных сопряжено количество базофилов, эозинофилов и палочкоядерных нейтрофилов, соответствующее границам нормы, и не зависит от породы уровень сегментоядерных нейтрофилов, лимфоцитов и моноцитов, отличающееся от нормативных пределов. В крови ремонтных свинок и хрячков породы дюрок концентрация сТ3 и сТ4 превышает уровень йоркширов и ландрасов на 16,66–23,20 и 5,49–35,81%. Половой диморфизм характерен для уровня сТ4: у хрячков породы дюрок его содержание выше, чем у свинок, на 11,43%, а у йоркширов и ландрасов наоборот, ниже на 4,22 и 15,00%. В организме ремонтных свинок и хрячков разных пород содержание сТ3 коррелирует с числом сегментоядерных нейтрофилов (у свинок $r = 0,47 \pm 0,08 - 0,55 \pm 0,11$; у хрячков $r = 0,49 \pm 0,27 - 0,68 \pm 0,42$) и лимфоцитов (у свинок $r = -0,48 \pm 0,12 - -0,82 \pm 0,10$; у хрячков $r = -0,52 \pm 0,22 - -0,66 \pm 0,43$).

Ключевые слова: кровь, свинки, хрячки, тироксин, трийодтиронин, лейкоциты, корреляции.

Важную роль в сохранении и поддержании уровня здоровья животных играет иммунный статус. Он определяет способность организма нивелировать влияние генетически чужеродного материала за счет его элиминации [1] при помощи факторов врожденного и приобретенного иммунитета [2, 3].

Одним из механизмов поддержания иммунного статуса организма является реализация биологических свойств лейкоцитарных клеток, популяция которых гетерогенна. Это позволяет лейкоцитам выполнять разнообразные функции в животном организме по отношению к чужеродным агентам различного происхождения [4]. Например, базофилы опосредуют развитие аллергических реакций, так как являются предшественниками тучных клеток [5]. Эозинофилы как агрессивные эффекторные клетки путем формирования различных мембранных рецеп-

торных комплексов инактивируют антигены многоклеточных паразитов, аллергенов и возбудителей токсикоинфекций [6]; нейтрофилы осуществляют фагоцитоз, лизируя микробы и продукты распада тканей [7]; лимфоциты регулируют иммунный ответ организма в процессах, направленных на нейтрализацию антигенов вирусов, бактерий и паразитов [8]; моноциты участвуют в защитных свойствах организма за счет способности превращаться в макрофаги и дендритные клетки, являющиеся главными инициаторами иммунного ответа против различных инфекций [9, 10].

Пул лейкоцитов в крови определяется балансом между их выходом из органов кроветворения и миграцией в клетки органов и тканей, что также обеспечивает возможность реализации их биологических свойств [11]. Важную роль в формировании пула лейкоцитов перифе-



рического русла играет запас клеток в органах лейкопоза, из которых они выбрасываются в кровотоки в случае необходимости. Кроме этого, лейкоцитарный состав крови определяется не только уровнем антигенной нагрузки на организм, но и породой, полом животных, условиями существования и т.д. [10, 12].

Свойства лейкоцитов, как и любых клеток животного организма, контролируются эффектами различных гормонов. В частности, тиреоидные гормоны тироксин и трийодтиронин способны регулировать процесс созревания иммунокомпетентных клеток, стимулировать антителогенез [13], функциональные свойства лейкоцитов по геномному и негеномному пути [14, 15], определяя их время жизни в кровотоке и количество отдельных клеток [13, 16]. Однако большинство исследований, в которых раскрываются механизмы взаимосвязи тиреоидных гормонов с лейкоцитами, выполнены в гуманной медицине или в моделях лабораторных животных. Это определяет актуальность данной проблемы и по отношению к сельскохозяйственным животным.

В связи с этим **целью нашей работы** явилась сравнительная оценка лейкоцитарного пула крови у ремонтного молодняка свиней в зависимости от пола, породы и уровня тиреоидных гормонов в кровотоке.

Материал и методы исследования

Лейкоцитарный пул крови определен у ремонтного молодняка породы дюрок, ландрас и йоркшир в 160–170-суточном возрасте. С учетом полового диморфизма было сформировано две опытные группы. Первая группа состояла из свинок ($n = 341$), вторая – из хрячков ($n = 34$). Особи в каждой группе были дифференцированы по породному признаку.

Технология кормления и содержания животных соответствовала рекомендациям портала свиноводства Genesis.

Кровь для гематологических и биохимических исследований брали из краниальной полой вены утром до кормления, используя вакуумные пробирки. Стенки пробирок для гематологических анализов были обработаны антикоагулянтом ЭДТА. Для предотвращения коагуляции крови пробирки после ее взятия медленно переворачивали 3–4 раза.

Показатели лейкоцитарного состава крови были определены на автоматическом настольном гематологическом анализаторе Abacus-

junior-Vet. Он включал общее количество лейкоцитов, базофилы, эозинофилы, нейтрофилы: палочкоядерные (ПН), сегментоядерные (СН), лимфоциты, моноциты. Гормоны тиреоидной оси, включая тиреотропный гормон (ТТГ), свободный тироксин (сТ4), свободный трийодтиронин (сТ4) определены в сыворотке крови иммуноферментным путем при помощи наборов реактивов фирмы «Вектор-Бест» (Россия). Каждая проба исследовалась в двух повторностях, по которым рассчитывалось среднее значение. Аналитическая погрешность не превышала 5%. Концентрацию сТ3 и сТ4 выражали в пмоль/л.

Результаты работы выражали в виде среднего значения \pm стандартная ошибка. Межпородные и половые различия оценивались при помощи *t*-критерия Стьюдента. Взаимосвязь между признаками определяли путем расчета коэффициентов корреляции по Спирмену. Статистическая значимость была принята на уровне $P < 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение

Частью общего анализа крови, выполняемого при помощи гематологического анализатора, является лейкограмма, которая позволяет получить информацию о потенциальной возможности крови обеспечивать иммунологические процессы в организме животных [17, 18, 19]. Анализ параметров лейкограммы показал, что их величина зависит как от породы, так и пола свиней (табл. 1).

Общее количество лейкоцитов в крови ремонтных свинок превышало верхнюю границу нормы на 11,68–23,37% и составило в среднем по популяции животных $18,70 \pm 0,51 \cdot 10^9/\text{л}$. Аналогичные данные получены и в отношении хрячков. Уровень лейкоцитов у них отличался от нормы на 5,18–29,25%, составляя в среднем по группе $18,39 \pm 1,28 \cdot 10^9/\text{л}$. Логично предположить, что выявленное количество лейкоцитов в периферической крови свиней являлось результатом баланса между уровнем антигенной нагрузки на их организм и ответной реакцией иммунной системы в существующих технологических условиях. О зависимости количества лейкоцитов в крови свиней от влияния антигенов сообщалось в работе [20]. По данным S. Schmucker [et. al.] (2022), лейкоцитарный состав крови отражает процесс модуляции функций иммунных клеток [21].

В популяции свинок межпородные различия были характерны только для тех лейкоцитарных клеток, количество которых в кровотоке соответствовало границам нормы. Так, содержание в крови дюрокв базофилов, эозинофилов и палочкоядерных нейтрофилов статистически значимо отличалось от их уровня у йоркширов и ландрасов (табл. 1). В то же время уровень сегментоядерных нейтрофилов, лимфоцитов и моноцитов, не соответствуя границам нормы, практически не зависел в крови свинок от породы. Аналогичные данные получены и по группе хрячков.

Следовательно, в существующих технологических условиях животные разных пород и пола однотипно регулировали свою иммунокомпетентность, определяя направленность изменений тех лейкоцитарных клеток, которые значимо влияли на поддержание благополучия [23].

Важную роль в регуляции функций иммунной системы играют гормоны щитовидной железы, представленные в кровотоке животных трийодтиронином (Т3) и тироксином (Т4) [24].

Сравнительный анализ ремонтных свинок по концентрации сТ3 в крови показал, что

Таблица 1 – Лейкограмма молодняка свиной в зависимости от возраста и пола, $X \pm Sx$

Порода	n	Лейкоциты, $10^9/л$	Дифференциация пула лейкоцитов крови (лейкограмма), %					
			базофилы	эозинофилы	ПН, %	СН, %	лимфоциты	моноциты
Свинки								
Дюрок	55	18,51±0,52	0,38±0,08	2,45±0,23	3,75±0,29	30,80±1,68	55,07±1,65	7,55±0,68
Йоркшир	243	19,74±0,25	0,21±0,05* ¹	3,19±0,12* ¹	2,53±0,12* ¹	30,35±0,67	56,67±0,71	7,05±0,16
Ландрас	43	17,87±0,76	0,16±0,08* ²	3,11±0,20* ²	2,60±0,22* ²	32,95±1,86	54,09±1,59	7,09±0,35
Σ по популяции	341	18,70±0,51	0,25±0,07	2,92±0,16	2,96±0,21	31,37±1,40	55,27±1,31	7,23±0,39
Хрячки								
Дюрок	17	16,83±1,11	0,24±0,11	2,53±0,23	3,35±0,23	31,94±0,39	55,59±0,48	6,35±0,63
Йоркшир	12	17,67±1,43	0,12±0,01* ¹	3,17±0,66	2,67±0,22* ¹	33,20±0,28	54,17±0,49	6,67±0,33
Ландрас	5	20,68±1,31	0,10±0,01* ²	3,40±0,20* ²	2,40±0,24* ²	34,30±0,37	53,40±0,54*	6,40±0,31
Σ по популяции	34	18,39±1,28	0,15±0,03	3,04±0,36	2,81±0,23	33,14±0,35	54,39±0,50	6,47±0,42
Норма		8–16	0–1	1–4	2–4	40–48	40–50	2–6

Примечание: *¹ – $P < 0,05$ между дюрками и йоркширами; *² – $P < 0,05$ между дюрками и ландрасами; норма [22].

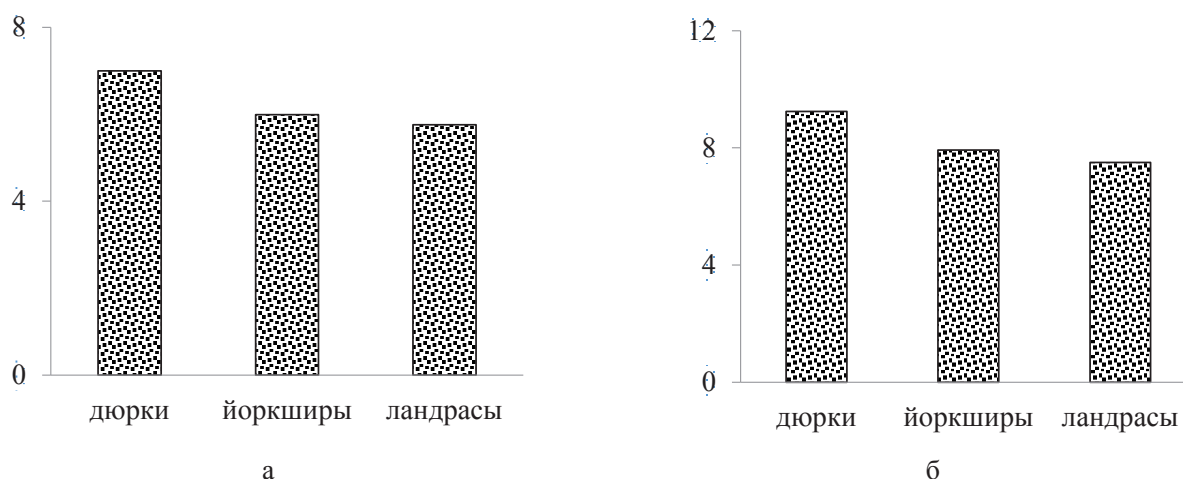


Рис. 1. Межпородные различия по уровню сТ3 (пмоль/л) в крови: а – свинок; б – хрячков



животные породы дюрок превосходили своих аналогов породы йоркшир и ландрас по величине параметра в 1,17–1,22 раза (рис. 1 а). Аналогичные межпородные отличия выявлены и в группе ремонтных хрячков. Так, у дюрков концентрация сТ3 превышала уровень йоркширов и ландрасов в 1,17–1,20 раза (рис. 1 б). Следовательно, порода свиней определяла востребованность биологических эффектов трийодтиронина. Кроме этого, пол влиял на количество сТ3 в периферическом кровеносном русле, что сопряжено с морфологическими особенностями строения щитовидной железы в мужском и женском организмах [25], а также участием гормонов в формировании репродуктивных функций.

Вторым тиреоидным гормоном в организме животных является тироксин, синтезирующийся только в щитовидной железе и превращающийся в результате дейодирования в периферических тканях в трийодтиронин [24]. При анализе межпородных различий у ремонтного молодняка по уровню сТ4 в крови были выявлены особенности изменений, аналогичные сТ3. Так, свиньи породы дюрок превосходили своих аналогов породы йоркшир и ландрас в группе свинок и хрячков на 5,49–5,97 и 22,51–35,81 % соответственно (рис. 2). Однако уровень сТ4 в крови хрячков был выше, чем у свинок на 11,43 %, а у йоркширов и ландрасов, наоборот, ниже на 4,22 и 15,00 %, что свидетельствует о сопряженности концентрации гормона в крови с полом животных.

Мы уже отмечали, что гормоны щитовидной железы влияют на состояние врожденного и адаптивного иммунного ответа в организме животных [24], о чем косвенно может свидетельствовать наличие корреляционных связей между признаками.

При анализе корреляций в группе ремонтных свинок и хрячков были выявлены однотипные связи между лейкоцитарными клетками и уровнем тиреоидных гормонов. Во-первых, тироксин не имел статистически значимых или близких к ним корреляций в парах с белыми клетками крови. Хотя в исследованиях [26] отмечено, что экзогенный гормон в организме животных влияет на биологические свойства и количество лейкоцитов, но данные свойства у ремонтного молодняка свиней не были выявлены в отношении эндогенного тироксина. Одной из основных причин [12, 14, 15] может служить тот факт, что основным биологическим свойством тироксина является способность превращаться в трийодтиронин, поддерживая его концентрацию в кровотоке и обеспечивая при его помощи реализацию эффектов тиреоидных гормонов.

Во-вторых, в парах «сТ3 – Лейкоцитарные клетки» выявлены или достоверные, или близкие к ним корреляции с количеством сегментоядерных нейтрофилов и лимфоцитов. В группе свинок и хрячков значения коэффициентов корреляции между «сТ3 – Сегментоядерные нейтрофилы» составили $r = 0,47 \pm 0,08 - 0,55 \pm 0,11$ и $r = 0,49 \pm 0,27 - 0,68 \pm 0,42$, в паре «сТ3 – Лимфоциты» $r = -0,48 \pm 0,12 - -0,82 \pm 0,10$ и $r = -0,52 \pm 0,22 - -0,66 \pm 0,43$ (табл. 2).

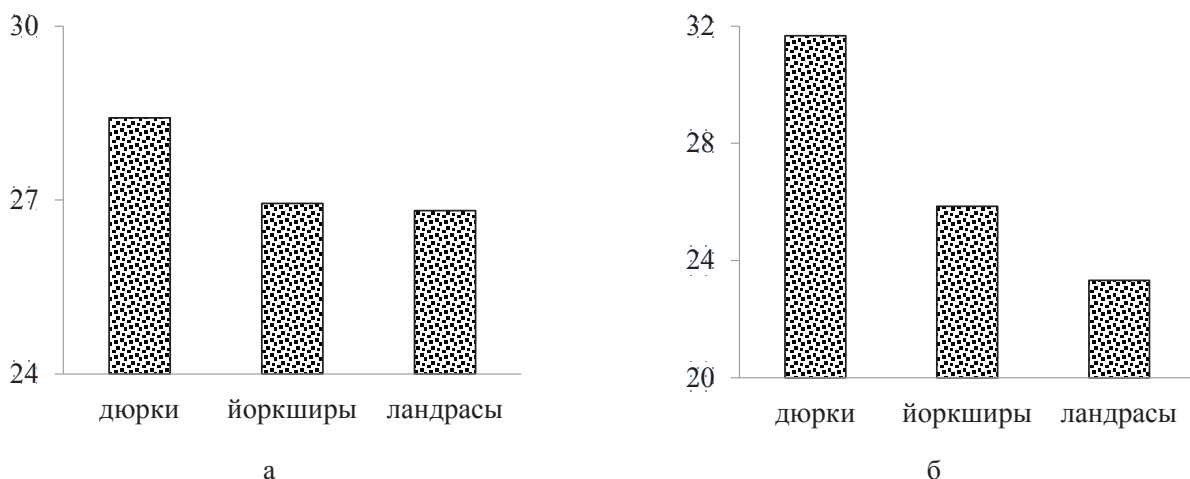


Рис. 2. Межпородные различия по уровню сТ4 (пмоль/л) в крови: а – свинок; б – хрячков

Таблица 2 – Корреляции в парах признаков «сТ3 – Лейкоциты», $X \pm Sx$

Порода	n	Лейкоциты, 10 ⁹ /л	Дифференциация пула лейкоцитов крови (лейкограмма), %					
			базофилы	эозинофилы	ПН, %	СН, %	лимфоциты	моноциты
Свинки								
Дюрок	55	0,01±0,14	0,15±0,14	-0,09±0,13	-0,04±0,13	0,55±0,11*	-0,48±0,12*	0,13±0,14
Йоркшир	243	-0,28±0,09	0,13±0,10	0,15±0,10	0,08±0,10	0,47±0,08*	-0,49±0,09*	-0,19±0,10
Ландрас	43	-0,20±0,15	-0,07±0,16	-0,10±0,16	0,18±0,15	0,53±0,13*	-0,82±0,10*	0,06±0,16
Хрячки								
Дюрок	17	0,28±0,25	-0,16±0,14	-0,26±0,25	0,09±0,26	0,67±0,19*	-0,52±0,22	0,19±0,25
Йоркшир	12	-0,07±0,32	0,21±0,31	-0,12±0,31	0,27±0,30	0,49±0,27	-0,64±0,24	0,18±0,31
Ландрас	5	0,46±0,51	0,02±0,58	-0,30±0,54	-0,39±0,53	0,68±0,42	-0,66±0,43	-0,06±0,57

Примечание: * – $P < 0,05$.

Следовательно, трийодтиронин имея специфические рецепторы в данных лейкоцитарных клетках, контролирует по геномному и негеномному пути их функциональную активность [27], что влияет на их пул в периферическом кровотоке и способность мигрировать в ткани.

Выводы

Таким образом, сравнительный анализ лейкоцитарного состава крови ремонтных свинок и хрячков показал, что у них в периферическом кровеносном русле циркулирует общее количество лейкоцитов, превышающее верхнюю границу нормы на 11,68–23,37 и 5,18–29,25% соответственно, и составляя в среднем по популяции животных 18,70±0,51 и 18,39±1,28 10⁹/л. В лейкограмме свинок и хрячков не выявлены межполовые различия, а межпородные характерны для базофилов, эозинофилов и палочкоядерных нейтрофилов, уровень которых соответствует границам нормы. С породой свиней не сопряжено количество сегментоядерных нейтрофилов, лимфоцитов и моноцитов, число которых отличается от нормативных пределов. В крови ремонтных свинок и хрячков породы дюрок концентрация сТ3 и сТ4 превышает уровень йоркширов и ландрасов на 16,66–23,20 и 5,49–35,81%. Половой диморфизм характерен для уровня сТ4: у хрячков породы дюрок его содержание выше, чем у свинок на 11,43%, а у йоркширов и ландрасов, наоборот, ниже на 4,22 и 15,00%. В организме ремонтных свинок и хрячков разных пород содержание сТ3 коррелирует с числом сегментоядерных нейтрофилов (у свинок $r = 0,47 \pm 0,08 - 0,55 \pm 0,11$; у хрячков

$r = 0,49 \pm 0,27 - 0,68 \pm 0,42$) и лимфоцитов (у свинок $r = -0,48 \pm 0,12 - -0,82 \pm 0,10$; у хрячков $r = -0,52 \pm 0,22 - -0,66 \pm 0,43$).

Список литературы

- Verduci, E. Immunomodulation in Children: The Role of the Diet / E. Verduci, J. Köglmeier // J Pediatr Gastroenterol Nutr. – 2021. – Vol. 73 (3). – P. 293–298. – DOI: 10.1097/MPG.0000000000003152.
- Гришина, Т. И. Иммунная система человека как механизм обеспечения жизнедеятельности / Т. И. Гришина, Г. А. Филатова // Вестник РГМУ. – 2013. – № 5–6. – С. 96–100.
- Innate-adaptive immunity interplay and redox regulation in immune response / L. Sun [et. al.] // Redox Biol. – 2020. – Vol. 37. – P. 101759. – DOI: 10.1016/j.redox.2020.101759.
- Kogut, M. H. Microbiome and pathogen interaction with the immune system / M. H. Kogut, A. Lee, E. Santin // Poult Sci. – 2020. – Vol. 99 (4). – P. 1906–1913. – DOI: 10.1016/j.psj.2019.12.011.
- Тарасова, И. В. Базофилы, тучные клетки и тромбоциты как иммунные и эффекторные клетки / И. В. Тарасова // Аллергология и иммунология в педиатрии. – 2010. – № 1 (20). – С. 32–36.
- Колобовникова, Ю. В. Изменение эффекторных свойств эозинофильных гранулоцитов при туберкулезе легких / Ю. В. Колобовникова, О. И. Уразова, С. П. Чумакова // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 8–2. – С. 339–343.
- The role of neutrophils in asthma / F. Chen, M. Yu, Y. Zhong, W. Hua // Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban. – 2021. – Vol. 50 (1). – P. 123–130. – DOI: 10.3724/zdxbyxb-2021-0030.



8. Субпопуляции В-лимфоцитов: функции и молекулярные маркеры / А. А. Лушова, Э. А. Жеремян, Е. А. Астахова // *Иммунология*. – 2019. – Т. 40. – № 6. – С. 63–76. – DOI: 10.24411/0206-4952-2019-16009.
9. Васильева, Е. Ф. Роль моноцитов в клеточно-молекулярных механизмах развития системного иммунного воспаления / Е. Ф. Васильева, О. С. Брусов // *Психиатрия*. – 2020. – Т. 18. – № 3. – С. 76–85. – DOI: doi.org/10.30629/2618-6667-2020-18-3-76-85.
10. Джапаров, Е. К. Кортизол и его взаимосвязь с лейкоцитами в организме хряков-производителей / Е. К. Джапаров, М. А. Дерхо // *Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана*. – 2019. – № 3. – С. 110–117.
11. Leukocyte-Stromal Interactions Within Lymph Nodes / J. D’Rozario [et. al.] // *Adv Exp Med Biol*. – 2018. – Vol. 1060. – P. 1–22. – DOI: 10.1007/978-3-319-78127-3_1.
12. Thyroid hormone role in metabolic status and economic beneficial feaiures formation in replacement gilts of different breeds / М. А. Derkho [et. al.] // *PeriodicoTchê Química*. – 2019. – Vol. 16. – № 31. – P. 471–483.
13. Ченчак, В. А. Особенности действия тироксина на иммунную систему / В. А. Ченчак // *Международный студенческий научный вестник*. – 2017. – № 3. – С. 1–7.
14. Мекин, Р. С. Особенности взаимосвязей между гормонами тиреотропин-тиреоидной системы в организме молодняка свиней разного пола и породы / Р. С. Мекин, М. А. Дерхо, А. О. Дерхо // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. – 2021. – Т. 245. – № 1. – С. 101–108.
15. Балтабекова, А. Ж. Метаболические эффекты тиреоидных гормонов в организме бычков казахской белоголовой породы / А. Ж. Балтабекова, М. А. Дерхо // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 1 (63). – С. 100–103.
16. Can Supplementation with Vitamin D Modify Thyroid Autoantibodies (Anti-TPO Ab, Anti-Tg Ab) and Thyroid Profile (T3, T4, TSH) in Hashimoto’s Thyroiditis? A Double Blind, Randomized Clinical Trial / R. Chahardoli, A. A. Saboor-Yaraghi, A. Amouzegar, D. Khalili // *Horm Metab Res*. – 2019. – Vol. 51 (5). – P. 296–301. – DOI: 10.1055/a-0856-1044.
17. Development and evaluation of a novel in-clinic automated hematology analyzer, ProCyte Dx, for canine erythrocyte indices, leukogram, platelet counts and reticulocyte counts / Y. Fujino, Y. Nakamura, H. Matsumoto, K. Fukushima // *J Vet Med Sci*. – 2013. – Vol. 75 (11). – P. 1519–1524. – DOI: 10.1292/jvms.13-0264.
18. Lester, S. J. Overview of Clinical Pathology and the Horse / S. J. Lester, W. H. Mollat, J. E. Bryant // *Vet Clin North Am Equine Pract*. – 2015. – Vol. 31 (2). – P. 247–268. – DOI: 10.1016/j.cveq.2015.04.004.
19. Deretic, V. Autophagy in inflammation, infection, and immunometabolism / V. Deretic // *Immunity*. – 2021. – Vol. 54 (3). – P. 437–453. – DOI: 10.1016/j.immuni.2021.01.018.
20. Трокоз, В. А. Динамика количества лейкоцитов в крови свиней разных типов нервной системы при антигенной нагрузке / В. А. Трокоз, А. В. Трокоз, М. М. Брошков // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. – 2017. – № 20 (1). – С. 6–12.
21. Schmucker, S. Single housing but not changes in group composition causes stress-related immunomodulations in horses / S. Schmucker, V. Preisler, I. Marr, K. Krüger // *PLoS One*. – 2022. – Vol. 17 (8). – P. e0272445. – DOI: 10.1371/journal.pone.0272445.
22. Медведева, М. Клиническая ветеринарная лабораторная диагностика : справочник / М. Медведева. – Москва : Аквариум-Принт, 2008. – 416 с.
23. Dhabhar, F. S. Enhancing versus suppressive effects of stress on immune function: implications for immunoprotection and immunopathology / F. S. Dhabhar // *Neuroimmunomodulation*. – 2009. – Vol. 16 (5). – P. 300–317. – DOI: 0.1159/000216188.
24. Lasa, M. Thyroid hormones act as modulators of inflammation through their nuclear receptors / M. Lasa, C. Contreras-Jurado // *Front Endocrinol (Lausanne)*. – 2022. – Vol. 13. – P. 937099. – DOI: 10.3389/fendo.2022.937099.
25. Васильева, О. А. Половой диморфизм форм долей щитовидной железы / О. А. Васильева, В. А. Забродин // *Успехи современного естествознания*. – 2006. – № 1. – С. 48–48.
26. Красных, М. С. Влияние экзогенного тироксина на формирование гуморального иммунного ответа и фагоцитарную активность / М. С. Красных, Б. А. Бахметьев, С. В. Ширшев

// Медицинская иммунология. – 2003. – Т. 5. – № 3. – С. 226–227.

27. Thyroid Hormones Interaction With Immune Response, Inflammation and Non-thyroidal Ill-

ness Syndrome / R. De Luca, P. J. Davis, H. Y. Lin, F. Gionfra // Front Cell Dev Biol. – 2021. – Vol. 8. – P. 614030. – DOI: 10.3389/fcell.2020.614030.

Дерхо Марина Аркадьевна, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой естественнонаучных дисциплин, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Мекин Роман Сергеевич, аспирант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: rom.sergeevich.94@list.ru.

Дерхо Арина Олеговна, студент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: arina_avrora@mail.ru.

* * *