

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА И МЕТАБОЛИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ СВИНЕЙ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

¹К.В. Жучаев, ¹М.Л. Кочнева, ²Л.В. Осадчук, ¹Е.А. Борисенко, ³С.В. Папшев

¹ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, Новосибирск, Россия

²ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

³ООО «РУСАГРО-Приморье»

E-mail: zhuchaev-kv@mail.ru

Для цитирования: Онтогенетические особенности гормонального статуса и метаболического профиля свиней в условиях промышленной технологии / К.В. Жучаев, М.Л. Кочнева, Л.В. Осадчук, Е.А. Борисенко, С.В. Папшев // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2024. – № 4(73). – С. 177–188. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-73-4-177-188.

Ключевые слова: гормональный статус, биохимический статус, референсные параметры сыворотки крови, молодняк свиней, свиноматки, хряки.

Реферат. Проведены исследования гормонального и метаболического профиля условно здоровых свиней породы йоркшир разных половозрастных групп в условиях промышленного свиного комплекса. Установлено статистически значимое влияние возраста на уровень сывороточного кортизола, трийодтиронина, тироксина исследованных групп свиней. Повышенное содержание кортизола по сравнению с представленными в литературе данными практически во всех группах свиней может указывать на наличие хронического стресса, а усиленная секреция тиреоидных гормонов является адаптивной реакцией, связанной с компенсацией стресса. Биохимические показатели сыворотки крови животных разных групп отражают возрастные особенности обмена веществ. Показано, что средние значения параметров по группам в целом входят в лимиты, полученные другими авторами. Выявлено, что с возрастом наблюдается снижение содержания глюкозы, триглицеридов, мочевины. При этом уровень общего белка, альбуминов и глобулинов в сыворотке крови исследованных свиней постепенно повышается с возрастом. В ряде случаев обнаружены достоверные межполовые различия по уровню биохимических показателей, в частности, свиноматки превосходили хряков по содержанию холестерина, тогда как по общему белку отмечена обратная закономерность. В целом показатели гормонального и метаболического профилей стада соответствуют «промышленному» статусу комплекса. Способность адаптироваться, интенсивный белковый, углеводный и жировой обмен, очевидно, закреплены направленной селекцией породы. Установленные референсные значения параметров гормонального статуса и метаболического профиля могут быть использованы для характеристики свиней высокоинтенсивных мясных пород в условиях промышленной технологии.

ONTOGENETIC FEATURES OF HORMONAL STATUS AND METABOLIC PROFILE OF PIGS IN INDUSTRIAL TECHNOLOGY

¹K.V. Zhuchaev, ¹M.L. Kochneva, ²L.V. Osadchuk, ¹E.A. Borisenko, ³S.V. Papshev

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²FIC Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

³RUSAGRO-Primorye LLC

E-mail: zhuchaev-kv@mail.ru

Keywords: hormonal status, biochemical status, reference parameters of blood serum, young pigs, sows, boars.

Abstract. The hormonal and metabolic profile of conditionally healthy Yorkshire pigs of different age and sex groups was studied in an industrial pig farm. A statistically significant effect of age on the level of serum cortisol, triiodothyronine, and thyroxine in the studied pig groups was established. Increased cortisol levels compared to the literature data in almost all pig groups may indicate chronic stress, while increased secretion of thyroid hormones is an adaptive response associated with stress compensation. Biochemical parameters of blood serum in animals of different groups reflect age-related metabolic features. It was shown that the average parameter values for the groups as a whole are within the limits obtained by other authors. It was revealed that with age,

there is a decrease in the content of glucose, triglycerides, and urea. At the same time, the level of total protein, albumins, and globulins in the blood serum of the studied pigs gradually increases with age. In some cases, reliable intersexual differences in the level of biochemical parameters were found, in particular, sows exceeded boars in cholesterol content, while the opposite pattern was noted for total protein. In general, the hormonal and metabolic profiles of the herd correspond to the "industrial" status of the complex. The ability to adapt, intensive protein, carbohydrate and fat metabolism are obviously fixed by targeted breed selection. The established reference values of the hormonal status and metabolic profile parameters can be used to characterize pigs of high-intensity meat breeds under industrial technology conditions.

Благополучие животных в индустрии свиноводства приобретает все большее значение для потребителей, что усиливает давление на законодательство и производство в сторону совершенствования менеджмента для улучшения условий содержания животных [1].

Особое значение вопросы благополучия животных приобретают при адаптации животных, завезенных из-за рубежа в Сибирь, и их потомков к условиям промышленной технологии [2, 3]. Животные адаптируются сразу к множеству стресс-факторов: климату и микроклимату, местным кормам, микрофлоре, технологии содержания, обслуживающему персоналу. Выживание и благополучие животных в специфических условиях среды обеспечивает адаптация, включающая морфологические, анатомические, физиологические и поведенческие изменения у животных [4, 5].

Физиологический ответ на стрессоры включает две различные системы [6]. Во-первых, секреция катехоламинов начинается в течение нескольких секунд после воздействия стрессора, обуславливает приток крови к мозгу, сердцу, легким, скелетной мускулатуре и мобилизацию энергии [7]. Далее, глюкокортикоидный ответ начинает работать через минуты или часы и помогает животному мобилизовать энергию, снизить затраты энергии на неосновные функции организма и подготовиться к будущим стрессам [8]. В идеале глюкокортикоидный ответ (повышение концентрации кортизола) на внешние стимулы должен быть быстрым и сильным, но быстро прекращаться с возвращением к базальной концентрации [7].

Кортизол опосредует воздействие любых стресс-факторов на процессы жизнедеятельности организма, как на молекулярном, клеточном, органном, так и организменном уровнях [9]. При длительной активации кортизол вызывает отрицательные эффекты, такие как когнитивные нарушения [10], супрессия репродуктивного и родительского поведения, дисрегуляция мета-

болизма [11]. Использование энергии для функционирования адаптивных механизмов снижает продуктивные и воспроизводительные качества животных.

При стрессе происходят заметные изменения в биохимическом статусе организма [12, 13], глубина которых связана с интенсивностью и продолжительностью стрессового воздействия. Степень хронического стресса, выражаемая через концентрацию кортизола и изменения в уровне тиреоидных гормонов, регулирующих метаболизм [14], тестостерона [15], биохимию крови [8], характеризует в этом случае индивидуальные адаптивные способности и в целом благополучие животных.

В связи с этим целью исследований было выявить онтогенетические особенности гормонального уровня и метаболических показателей свиней в условиях промышленной технологии, обращая особое внимание на сбалансированность параметров и их взаимодействие. Основные задачи исследования состоят в том, чтобы определить:

- какой уровень гормонов и биохимических показателей характеризует популяционную норму для свиней разных половозрастных групп в условиях промышленной технологии;
- связана ли концентрация кортизола с уровнем других гормонов и биохимических показателей сыворотки крови животных разного пола и возраста в условиях промышленной технологии;
- соответствует ли состояние животных представлениям о «хроническом технологическом стрессе».

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в условиях промышленного свиного комплекса на условно здоровых свиньях породы йоркшир. Анализом охвачены 41 голова молодняка (20 голов в возрасте 45 и 21 голова – 75 дней), ремонтные свинки (30 голов в возрасте 210–215 дней), основные

свиноматки (14 голов второго месяца супоросности, возраст 1,5–2 года), проверяемые хряки (30 голов в возрасте 210–215 дней) и основные хряки (50 голов в возрасте 2–3 лет).

Содержание животных – безвыгульное, согласно принятым нормам размещения свиней на промышленном комплексе. Основные хряки содержались индивидуально, остальные животные – группами: молодняк 1,5 – 2,5 мес. – 25 гол.; ремонтные свинки 7–8 мес. – 20 гол.; проверяемые хряки 12 мес. – 10 гол.; основные свиноматки – 6 гол.

Отбор крови свиней для оценки концентрации кортизола, тироксина, трийодтиронина, тестостерона и биохимических показателей проводили в период с 8:00 до 10:00.

Биохимическое исследование сыворотки крови провели на автоматическом многофункциональном анализаторе «Statfax». Панель биохимических тестов включала общий белок, альбумин, триглицериды, глюкозу, мочевины, холестерин. Гормональный статус оценивали по уровню кортизола, тироксина, трийодтиронина и тестостерона в сыворотке крови свиней в лаборатории ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН». Определение уровня тестостерона, кортизола, тироксина и трийодтиронина в сыворотке периферической крови проводили иммуноферментным методом с помощью коммерческих наборов («Алкор Био», Санкт-Петербург).

Полученные данные обработаны методами описательной статистики и протестированы на соответствие нормальному распределению методом Андерсона–Дарлинга [16] или Шапиро–Уилка. Корреляционный анализ (линейный или ранговый коэффициент корреляции) показателей сыворотки крови осуществляли с использованием программы Microsoft Excel. Различия между группами оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента (при нормальном распределении) или непараметрического *U*-критерия Манна–Уитни, однофакторного дисперсионного анализа (при нормальном распределении) или его непараметрического аналога критерия Краскела–Уоллиса.

Референсные значения для каждого биохимического показателя крови определяли в виде доверительных границ $\bar{X} \pm 2\sigma$ (при нормальном распределении) или 2,5–97,5 % (при ненормальном распределении) согласно ГОСТ Р 53022.2–2008. В таблицах приведены данные других авторов, характеризующие среднегрупповые значения изучаемых признаков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Среди стресс-факторов промышленной технологии особое значение имеют такие неизменные характеристики, как бесподстилочное содержание, ветеринарные обработки, концентрация поголовья, ограничение подвижности, а также проблемные ситуации, связанные с нарушениями микроклимата, резкими сменами рациона, некачественным обращением персонала и т.д. В этих условиях гормональный статус дает важную информацию для характеристики гомеостаза и адаптивных свойств организма и популяции.

Исследованиями установлено влияние возраста на уровень таких гормонов, как кортизол, трийодтиронин, тироксин (табл. 1–3), в сыворотке крови исследованных групп свиней ($P < 0,05$ – $0,01$). Известно, что средняя концентрация, например, кортизола, уменьшается с возрастом [17], хотя экспериментальные данные разных исследователей очень разнородны: средняя концентрация кортизола в сыворотке крови поросят 2–3-месячного возраста варьирует от 38 до 66,6 нмоль/л [18], в то время как у свинок 7–8 мес. и свиноматок он поднимается до 73–149 нмоль/л [18, 19], а у хряков достигает 78–96 нмоль/л [17].

По уровню кортизола практически все изученные группы свиней, кроме ремонтных свинок и проверяемых хряков, превосходили представленные в литературе параметры (см. табл. 1–3). Можно констатировать наличие некоторого уровня хронического стресса, что постулировано другими исследователями [20] и подтверждено, например, экспериментами по сравнительной оценке реакции свиней на содержание с подстилкой и без подстилки [21] и оценкой благополучия [22].

В наших исследованиях наивысший уровень кортизола определен в сыворотке крови поросят 75 дней, ремонтных свинок и основных хряков. Концентрация тиреоидных гормонов, характеризующих уровень основного обмена, была наивысшей у полуторамесячных поросят, снижаясь к возрасту хозяйственной зрелости животных с некоторым повышением у основных хряков (см. табл. 1–3).

Таблица 1

Уровень гормонов в сыворотке крови поросят в возрасте 45 и 75 дней
Serum hormone levels in piglets aged 45 and 75 days

Показатель	45 дней		75 дней		Данные других авторов [18, 23–25]
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Референсные значения	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Референсные значения	
Кортизол, нмоль/л	89,46±8,92	20,2–185,2	95,11±8,31	31,2–193,0	38,4–66,6
Трийодтиронин, нмоль/л	4,42±0,28	1,3–7,6	3,10±0,16	1,4–4,8	0,8–3,04
Тироксин, нмоль/л	98,27±4,27	50,0–147,4	86,07±3,05	58,6–124,8	22,2–56,74

Уровни кортизола и трийодтиронина в сыворотке крови ремонтных свинок, кортизола и тиреоидных гормонов у проверяемых хряков не

соответствовали нормальному распределению, что, возможно, связано с возрастными особенностями животных.

Таблица 2

Уровень гормонов в сыворотке крови ремонтных свинок и основных свиноматок
Serum hormone levels in replacement gilts and breeding sows

Показатель	Ремонтные свинки		Основные свиноматки		Данные других авторов [18, 19, 24, 26]
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ Me (Q1-Q3)	Референсные значения	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ Me (Q1-Q3)	Референсные значения	
Кортизол, нмоль/л	106,06 (75,89–173,41)	35,35–343,41	89,10±17,78	18,30–218,76	75–149
Трийодтиронин, нмоль/л	1,98 (1,57–2,42)	1,11–6,04	3,37±0,76	1,22–14,20	1,43–2,23
Тироксин, нмоль/л	69,76±16,05	36,26–103,58	32,36±2,94	10,93–53,79	28,0–58,63

Гормоны щитовидной железы регулируют формирование костей, снижение концентрации ТЗ связано с повышенной их минерализацией и риском переломов [27–29]. Трийодтиронин влияет на рост через анаболические и катаболические процессы [14, 30]. Тиреоидные гормоны играют большую роль в обеспечении приспособительных реакций организма при стрессе пластическим материалом и энергией, фактически обеспечивая снижение напряженности стресс-синдрома [31].

С учетом высокого уровня кортизола можно предположить, что повышенная по сравнению с представленными в литературе данными секре-

ция тиреоидных гормонов является адаптивной реакцией, связанной с компенсацией стресса, хотя связи между уровнем кортизола и тиреоидных гормонов в разных половозрастных группах не выявлено. Кроме того, известно, что уровень тироксина у мясных свиней в два раза выше, чем у жирных [26], и повышенный уровень тиреоидных гормонов, очевидно, характеризует уровень обмена веществ у свиней современных мясных пород.

Половые гормоны, в частности тестостерон, играют ключевую роль в формировании фертильности животных [32].

Таблица 3

Гормональный статус проверяемых и основных хряков
Hormonal status of tested and main boars

Показатель	Проверяемые хряки		Основные хряки		Данные других авторов [17, 33]
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ Me (Q1-Q3)	Референсные значения	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ Me (Q1-Q3)	Референсные значения	
1	2	3	4	5	6
Кортизол, нмоль/л	79,10(65,01–92,05)	24,25–162,39	97,37±7,13	16,72–201,46	78,0–96,66
Трийодтиронин, нмоль/л	2,54(2,26–3,62)	0,77–5,26	3,87(3,06–5,27)	1,61–10,89	0,43–0,50

1	2	3	4	5	6
Тироксин, нмоль/л	44,72(38,63–50,44)	28,98–77,08	65,75(50,97–83,24)	35,67–152,54	29,1–31,2
Тестостерон, нмоль/л	6,27±0,40	2,05–10,49	7,32±0,39	2,59–14,63	7,0–7,6

Уровень тестостерона у проверяемых и основных хряков соответствует нормальному распределению. Возможно, сила хронического стресса не превышает адаптивный уровень, в соответствии с которым сформировался репродуктивный статус производителей в ходе селекции.

По сообщению [17], с возрастом (с одного до трех лет) уровень кортизола у хряков-производителей снижался. Возрастные отличия по кортизолу у дюрков составили 29,11 %, йоркширов – 18,58 % и ландрасов 25,55 %. Результаты наших исследований показали обратную картину: проверяемые хряки имели существенно ниже, чем основные, и уровень кортизола, и лимиты изменчивости этого признака (см. табл. 1–3).

В числе причин могут быть существенные индивидуальные различия стрессовых реакций разной силы на внешние стимулы, которые могут вызывать значительные колебания уровня глюкокортикоидов. Из литературы также известно о высокой индивидуальной вариации уровня кортизола [34].

Достоверная корреляция выявлена между содержанием в сыворотке крови трийодтиронина и тироксина у основных хряков ($r = 0,36 \pm 0,14$, $P < 0,05$). У проверяемых хряков существенной связи этих признаков не обнаружено.

Гематологические и биохимические параметры свиней подвержены влиянию множества средовых и физиологических факторов, включая генетику, питание, возраст, пол, физиологическое состояние и условия содержания [35, 36].

Необходимо отметить, что описание нормы применительно к биохимическому составу крови свиней в литературе ограничено: как правило, это обобщение по группе «свиньи» со ссылками на

ветеринарные справочники и собственные исследования. Поэтому важное значение для оценки клинического состояния животного на основании интерпретации полученных данных имеют референсные значения гематологических и биохимических показателей крови свиней. В случае развития патологических процессов именно исследования крови позволяют выявить серьезные нарушения в организме до того, как они проявятся клинически [12, 37–39].

Безусловно, использование референсных значений для мониторинга статуса здоровья стада весьма трудоемко и дорого. Однако знание «нормы» для стада дает возможность оценивать влияние разных факторов на благополучие животных, своевременно выявить причины его нарушения.

При характеристике разных групп животных выделяются возрастные особенности обмена веществ. Так, по сравнению с полуторамесячными поросятами в группе 2,5 мес. наблюдается достоверное повышение уровня общего белка ($P < 0,01$) и расширение лимитов референсных значений по всем исследованным биохимическим показателям (табл. 4).

Анализ биохимических параметров сыворотки крови показал наличие нормального распределения по большинству признаков. Средние данные по группам в целом входят в лимиты, представленные другими авторами.

Установлено влияние возраста на уровень сывороточной глюкозы ($P < 0,01$). У 45-дневных поросят содержание глюкозы было выше в сравнении с животными остальных половозрастных групп. Соотношение уровня глюкозы и триглицеридов указывает на углеводный тип энергетического обмена.

Таблица 4

Биохимические показатели сыворотки крови поросят в возрасте 45 и 75 дней
Biochemical parameters of blood serum of piglets at the age of 45 and 75 days

Показатель	45 дней		75 дней		Данные других авторов [18, 40–43]
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Референсные интервалы	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Референсные интервалы	
1	2	3	4	5	6
Общий белок, г/л	46,81±2,30	30,13–63,50	66,49±4,36	30,5–107,5	50–83
Альбумины, г/л	25,47±1,11	17,35–33,58	30,52±2,23	10,5–50,6	22,9–41,7

1	2	3	4	5	6
Глобулины, г/л	21,34±2,11	10,26–41,63	35,96±2,59	17,94–65,13	30–45
Белковый индекс, усл. ед.	1,29±0,12	0,23–2,11	0,87±0,05	0,52–1,45	0,8–1,2
Триглицериды, ммоль/л	0,67±0,09	0,1–1,4	0,70±0,08	0,3–1,8	0,22–0,88
Глюкоза, ммоль/л	5,52±0,47	2,3–9,6	4,25±0,63	1,6–10,7	1,9–6,8
Мочевина, ммоль/л	5,94±0,38	2,3–9,5	6,92±0,39	4,0–11,0	2,9–9,4
Глюкоза/триглицериды	9,39±1,36	3,46–24,54	7,11±1,41	1,18–26,3	15,7

Высокий уровень глюкозы в сочетании с уровнем триглицеридов, достигающим верхнюю треть представленных среднегрупповых лимитов, может свидетельствовать о последствиях стресса, связанного с перегруппировками при отъеме и на дорастивании. Возможен и алиментарный характер наблюдаемых явлений, связанный с высоким потреблением стартовых кормов. Это отчасти подтверждается содержанием мочевины в сыворотке крови поросят, превышающим верхний уровень значений нормы (5,8 ммоль/л), представленных в литературе [44].

Содержание общего белка в сыворотке крови исследованных животных (табл. 4–6) постепен-

но повышается с возрастом ($P < 0,001$), причем увеличивается и альбуминовая, и глобулиновая фракции ($P < 0,05$). Повышение уровня альбуминов связано с ускорением процессов обновления белков и клеточных структур организма.

Значение белкового индекса варьировало в пределах от 0,87 в группе полуторамесячных поросят до 1,8 в группе проверяемых хряков. Высокий белковый коэффициент отражает общий уровень метаболизма. Наивысшие показатели белкового индекса отмечены у хряков, что, видимо, связано с повышенной (в период подготовки к случке и в случной период) белковой питательностью рациона.

Таблица 5

Биохимические показатели сыворотки крови ремонтных свинок и основных свиноматок
Biochemical parameters of blood serum of replacement gilts and main sows

Показатель	Ремонтные свинки		Основные свиноматки		Данные других авторов [44–50]
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ Me (Q1–Q3)	Референсные интервалы	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ Me (Q1–Q3)	Референсные интервалы	
Общий белок, г/л	71,12±2,32	48,89–93,35	78,25±2,56	57,35–99,14	70–85
Альбумины, г/л	39,50±1,55	24,81–54,78	–	–	33,8–45,0
Глобулины, г/л	31,62±1,46	17,65–45,59	–	–	40–45
Белковый индекс, усл. ед.	1,30±0,08	0,56–2,03	–	–	0,77–1,6
Триглицериды, ммоль/л	0,37±0,02	0,20–0,59	0,44±0,04	0,10–0,78	0,22–0,88
Холестерин, ммоль/л	2,58±0,09	1,73–3,44	1,94±0,11	1,05–2,83	1,56–2,86
Глюкоза, ммоль/л	3,30(2,22–4,36)	1,3–11,0	3,52±0,33	0,84–6,21	2,7–5,6
Мочевина, ммоль/л	6,95±0,25	4,49–9,18	4,75±0,31	2,25–7,25	3,3–5,8
Глюкоза/триглицериды	8,57(7,00–11,61)	3,02–30,39	9,08±1,17	1,46–20,95	8,6

Статистически значимые различия между половозрастными группами свиней выявлены по содержанию триглицеридов ($P < 0,01$). Показано, что у поросят этот показатель был в 1,8 раза

выше, чем у взрослых свиней, что, возможно, носит алиментарный характер, но и характеризует особенности обмена веществ быстрорастущего организма.

Таблица 6

Биохимические показатели сыворотки крови проверяемых и основных хряков
Biochemical parameters of blood serum of tested and main boars

Показатель	Проверяемые хряки		Основные хряки		Данные других авторов [40, 43, 53–55]
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ Me (Q1-Q3)	Референсные интервалы	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ Me (Q1-Q3)	Референсные интервалы	
Общий белок, г/л	74,88±1,61	56,56–93,21	85,30±2,52	56,16–114,46	70–85
Альбумины, г/л	46,44±1,48	29,58–63,30	47,11±1,89	25,30–68,93	31–45
Глобулины, г/л	28,44±1,60	10,18–46,71	38,20±1,88	16,53–59,87	40–52
Белковый индекс, усл. ед.	1,82±0,13	0,32–3,31	1,35±0,09	0,27–2,43	0,8–1,0
Триглицериды, ммоль/л	0,43±0,02	0,23–0,64	0,45±0,03	0,10–0,79	0,22–1,42
Холестерин, ммоль/л	2,02(1,81–2,32)	1,01–3,11	1,35±0,06	0,51–2,19	1,56–4,90
Глюкоза, ммоль/л	2,52±0,20	0,52–2,69	2,66±0,16	0,47–4,85	0,60–5,6
Мочевина, ммоль/л	2,99(2,54–3,72)	1,83–10,42	3,66(3,09–4,41)	1,96–7,34	3,3–6,12
Глюкоза/триглицериды	6,12±0,55	1,94–13,33	5,77±0,40	0,55–10,99	8,6

С возрастом отмечается нарастание уровня сывороточной мочевины у молодых животных ($P < 0,01$), однако у проверяемых и основных хряков-производителей наблюдается падение этого показателя практически в два раза. О снижении концентрации мочевины в сыворотке крови животных в отдельные возрастные периоды и, особенно в зависимости от кормового фактора, в связи с усилением интенсивности белкового обмена пишут и другие авторы [45, 51].

Статистически значимые различия установлены между хряками и свиноматками ($P < 0,001$) по уровню холестерина, являющегося основой для стероидных гормонов [52].

Установлена обратная связь ($r = -0,27 \pm 0,12$, $P < 0,05$) между уровнем холестерина и тестостерона в сыворотке крови основных хряков-производителей. Подобная закономерность выявлена в исследованиях [56] на фоне дефицита тестостерона и повышенного уровня холестерина у самцов-кастратов (йоркшир х ландрас), а также у мини-свиней [57].

Положительная связь выявлена между уровнем мочевины и содержанием общего белка ($r = 0,58 \pm 0,13$; $P < 0,01$). Содержание триглицеридов положительно коррелировало с уровнем холе-

стерина в сыворотке крови хряков ($r = 0,53 \pm 0,13$; $P < 0,01$).

ВЫВОДЫ

1. Гормональный статус и метаболический профиль стада соответствуют «промышленному» статусу комплекса и характеризуют стадию резистентности к «неистощающему» хроническому стрессу. Способность адаптироваться, интенсивный белковый, углеводный и жировой обмен, очевидно, закреплены направленной селекцией породы.

2. Прямого влияния уровня кортизола на другие гормоны и биохимические параметры не выявлено, распределение большинства оцениваемых параметров соответствует нормальному, выявленные корреляции между признаками имеют физиологическую основу, что характеризует существующий уровень гомеостаза и приспособленности к условиям содержания.

3. Полученные референсные значения параметров гормонального статуса и метаболического профиля могут быть использованы для интерпретации и обсуждения результатов исследований на свиньях высокоинтенсивных мясных пород в условиях промышленной технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Morgan L., Raz T. Providing Meaningful Environmental Enrichment and Measuring Saliva Cortisol in Pigs Housed on Slatted Flooring // Journal of Visualized Experiments. – 2019. – № 151. – P. e60070.

2. *Полиморфизм* интерфазных ядрышкообразующих районов у импортёванных свиной и их потомков / С.К. Бутеева, М.Л. Кочнева, К.В. Жучаев [и др.] // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 2. – С. 41–43.
3. *Гематологический* статус импортёванных животных при адаптации / М.Л. Кочнева, К.В. Жучаев, О.А. Иванова [и др.] // Инновации и продовольственная безопасность. – 2018. – № 4 (22). – С. 91–97.
4. *Паншев С.В., Жучаев К.В., Барсукова М.А.* Этологическая характеристика домашней свиньи // Сельскохозяйственная биология. – 2000. – № 2. – С. 20.
5. *Hereford and Simmental cattle breeds in Siberia: implementation of the adaptive and productive potential in the cold climate* / G.I. Ragimov, K.V. Zhuchayev, M.L. Kochneva [et al.] // International Journal of Recent Technology and Engineering. – 2019. – Vol. 8, № 4. – P. 9631–9636.
6. *Lattin C.R., Kelly T.R.* Glucocorticoid negative feedback as a potential mediator of trade-offs between reproduction and survival // General and Comparative Endocrinology. – 2020. – Vol. 286. – P. 113301.
7. *Goldstein D.S.* Stress-induced activation of the sympathetic nervous system // Bailliere's clinical endocrinology and metabolism. – 1987. – Vol. 1, № 2. – P. 253–278.
8. *Sapolsky R.M., Romero L.M., Munck A.U.* How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions // Endocrine reviews. – 2000. – Vol. 21, № 1. – P. 55–89.
9. *Turner A.I., Hemsworth P.H., Tilbrook A.J.* Susceptibility of reproduction in female pigs to impairment by stress or elevation of cortisol // Domest. Anim. Endocrinol. – 2005. – Vol. 29, № 2. – P. 398–410.
10. *De Kloet E.R., Joëls M., Holsboer F.* Stress and the brain: from adaptation to disease // Nature reviews neuroscience. – 2005. – Vol. 6, № 6. – P. 463–475.
11. *A spoonful of sugar: feedback signals of energy stores and corticosterone regulate responses to chronic stress* / M.F. Dallman, S.F. Akana, K.D. Laugero [et al.] // Physiology & behavior. – 2003. – Vol. 79, № 1. – P. 3–12.
12. *Физиологический* статус лактирующих голштинских коров в условиях Сибири / К.В. Жучаев, М.Л. Кочнева, Е.А. Борисенко [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2016. – № 4. – С. 118–124.
13. *Молочная* продуктивность первотелок голштинской и симментальской пород с разным уровнем воспроизводительных качеств / С.М. Анохин, К.В. Жучаев, О.А. Иванова [и др.] // Вестник ИРГСХА. – 2019. – № 93. – С. 121–130.
14. *Lower dietary phosphorus supply in pigs match both animal welfare aspects and resource efficiency* / M. Oster, Ch. Gerlinger, Ka. Heide [et al.] // Ambio. – 2018. – Vol. 47, № 1. – P. 20–29.
15. *Sapolsky R.M.* Testicular function, social rank and personality among wild baboons // Psychoneuroendocrinology. – 1991. – Vol. 16. – P. 281–303.
16. *Reference Value Advisor: a new freeware set of macroinstructions to calculate reference intervals with Microsoft Excel.* / A. Geffré, D. Concordet, J.P. Braun [et al.] // Veterinary Clinical Pathology. – 2011. – Vol. 40, № 1. – P. 107–112.
17. *Джапаров Е.К., Дерхо М.А.* Кортизол и его взаимосвязи с лейкоцитами в организме хряков-производителей // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2019. – Т. 239, № 3. – С. 110–117.
18. *Биохимический* статус и продуктивные качества свиной (*Sus scrofa domestica*) при моделировании стресса и его коррекции / Р.В. Некрасов, Н.В. Боголюбова, К.С. Остренко [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2023. – Vol. 58, № 4. – P. 638–659.
19. *Дедкова А.И., Сергеева Н.Н.* Клинико-физиологическое состояние свиной на откорме при уплотненном содержании // Вестник аграрной науки. – 2010. – Т. 24, № 3. – С. 84–87.
20. *Попова О.А., Татьяначева О.Е.* Сезонные стрессы как фактор, влияющий на воспроизводительные функции свиной // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2018. – № 2(8). – С. 36–40.
21. *Housing conditions do not alter cognitive bias but affect serum cortisol, qualitative behaviour assessment and wounds on the carcass in pigs* / R. Carreras, E. Mainau, L. Arroyo [et al.] // Applied Animal Behaviour Science. – 2016. – Vol. 185. – P. 39–44.
22. *Орлов Д.А.* Влияние промышленной технологии содержания на показатели благополучия супоросных свиноматок // Научное обозрение. – 2014. – № 9–2. – С. 449–453.
23. *Postnatal changes in circulating concentrations of growth hormone, somatomedin C and thyroid hormones in pigs* / C. G. Scanes, D. Lazarus, S. Bowen [et al.] // Domestic animal endocrinology. – 1987. – Vol. 4, No. 4. – P. 253–257.
24. *Тиреоидный* статус свиной и его коррекция / В.А. Самсонович, А.И. Ятусевич, Н.С. Мотузко [и др.] // Ученые записки Витебской ордена «Знак почёта» государственной академии ветеринарной медицины. – 2011. – Т. 47, № 2 – С. 83–86.
25. *Тиреоидный* статус свиной при циркувирусной инфекции. И.М. Донник, О.Г. Петрова, А.Г. Исаева [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2013. – Т. 5 (111). – С. 12–14.
26. *Yen J.T., Pond W.G.* Plasma thyroid hormones, growth and carcass measurements of genetically obese and lean pigs as influenced by thyroprotein supplementation // Journal of animal science. – 1985. – Vol. 61, № 3. – P. 566–572.

27. Vestergaard P., Rejnmark L., Mosekilde L. Influence of hyper-and hypothyroidism, and the effects of treatment with antithyroid drugs and levothyroxine on fracture risk // *Calcified tissue international*. – 2005. – Vol. 77. – P. 139–144.
28. Williams G.R. Thyroid hormone actions in cartilage and bone // *European thyroid journal*. – 2013. – Vol. 2, № 1. – P. 3–13.
29. Bassett J.H.D., Williams G.R. Role of thyroid hormones in skeletal development and bone maintenance // *Endocrine reviews*. – 2016. – Vol. 37, № 2. – P. 135–187.
30. Влияние генотипа матерей на концентрацию и изменчивость трийодтиронина у свиней породы ландрас / Е.И. Тарасенко, Т.В. Коновалова, Л.В. Осадчук [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2023. – № 4 (69). – С. 294–303.
31. Городецкая И.В. Роль йодсодержащих тиреоидных гормонов в формировании ответной реакции организма при хроническом стрессовом воздействии // *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. – 2012. – Т. 11, № 3. – С. 28–35.
32. Establishing reference intervals for sex hormones and SHBG in apparently healthy Chinese adult men based on a multicenter study / Yu, L. Qiu, M. Liu [et al.] // *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*. – 2018. – Vol. 56, No. 7. – P. 1152–1160.
33. Тимовский А.В. Метаболические показатели, резистентность и функциональное состояние коры надпочечников и семенников у хряков разных пород: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Курск, 2024 – 20 с.
34. Young E.A., Abelson J., Lightman S.L. Cortisol pulsatility and its role in stress regulation and health // *Frontiers in neuroendocrinology*. – 2004. – Vol. 25, № 2. – P. 69–76.
35. Tumbleson M.E., Scholl E. Hematology and clinical chemistry // Leman AD, ed. *Diseases of swine*. Ames: Iowa State University Press. – 1981. – P. 27–40.
36. Age-related serum biochemical reference intervals established for unweaned calves and piglets in the post-weaning period / K. Yu, F. Canalías, D. Solà-Oriol [et al.] // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2019. – Vol. 6. – P. 123.
37. Assessment of hematologic and biochemical parameters for healthy commercial pigs in China / S. Zhang, B. Yu, Q. Liu [et al.] // *Animals*. – 2022. – Vol. 12, № 18. – P. 2464.
38. Reference values of hematological, biochemical and endocrinological parameters in the blood of piglets aged 1 and 21 days / M. Cincović, M. Radović, I. Belić [et al.] // *Contemporary Agriculture*. – 2020. – Vol. 69, № 3–4. – P. 34–40.
39. Stevancevic O., Cincović M., Šević R. Age-associated and breed-associated variations in haematological and biochemical variables in Mangalitsa, Mangalitsa× Durock and Large White Pig // *Acta scientiae veterinariae*. – 2019. – Vol. 47. – P. 1679.
40. К вопросу о селективности биохимических тестов в оценке состояния здоровья сельскохозяйственных животных / В.М. Холод, Ю.Г. Соболева, В.П. Баран [и др.] // *Ученые записки Витебской ордена «Знак Почета» государственной академии ветеринарной медицины*. – 2021. – Т. 57, вып. 2. – С. 173–178.
41. Аухатова С.Н. Некоторые биохимические показатели в крови поросят в зависимости от йодного питания // *Современные наукоемкие технологии*. – 2004. – № 5. – С. 97–98.
42. Козел Л.С., Сукач В.Л., Милоста О.В. Биохимические и гематологические показатели у поросят при использовании комплексного препарата-синбиотика // *Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр.* – Гродно: ГТАУ, 2013. – Т. 20: Ветеринария. – С. 109–115.
43. Сравнительная физиология животных: учебник / А.А. Иванов, О.А. Войнова, Д.А. Ксенофонов [и др.]. – С-Пб.: Лань, 2022. – 416 с.
44. Урбан Г.А. Морфологический состав и биохимические показатели крови супоросных и подсосных свиноматок // *Ветеринарная патология*. – 2012. – № 3 (41). – С. 91–97.
45. Лодянов В.В., Ганзенко Е.А. Биохимические показатели крови свиней специализированных типов // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2014. – Т. 97. – С. 762–775.
46. Смирнова Е.В., Дерхо М.А. Лептин и его взаимосвязь с липидным обменом у ремонтных свинок разных пород // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. – 2020. – Т. 242(2). – С. 165–170.
47. Характеристика изменчивости показателей крови свинок родительских пород, используемых для промышленного скрещивания / С.А. Гриценко, М.А. Дерхо, М.Б. Ребезов [и др.] // *Аграрная наука*. – 2023. – № 5. – С. 42–48.
48. Благополучие и потенциал приспособленности локальных пород свиней Сибири / К.В. Жучаев, М.Л. Кочнева, Е.А. Борисенко [и др.]. – Новосибирск, 2022. – 218 с.
49. Биохимические, морфологические и иммунологические показатели свиноматок при стимуляции воспроизводительной функции препаратами «Е-селен» и «Гамавит» / Н.В. Шульгин, В.И. Плешакова, В.С. Власенко [и др.] // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. – 2019. – № 4 (145). – С. 81–87.

50. Шинкаревич Н.А. Влияние биологически активной кормовой добавки «Ветлактофор» на обменные процессы у супоросных свиноматок: дис. ... канд. с.-х. наук. СПб., 2023. – 200 с.
51. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets / J.L. Figueroa, A.J. Lewis, P.S. Miller [et al.] // Journal of animal science. – 2002. – Vol. 80, № 11. – P. 2911–2919.
52. Cellular cholesterol delivery, intracellular processing and utilization for biosynthesis of steroid hormones / J. Hu, Z. Zhang, W.J. Shen [et al.] // Nutrition & metabolism. – 2010. – Vol. 7. – P. 1–25.
53. Перевойко Ж.А., Косилов В.И. Основные биохимические показатели крови хряков и свиноматок крупной белой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 5 (49). – С. 196–199.
54. Конотоп Д.С., Соболев Д.Т., Соболева В.Ф. Показатели белкового и минерального обмена у хряков и влияние на них факторных патогенов // Ученые записки Витебской ордена «Знак Почета» государственной академии ветеринарной медицины. – 2019. – Т. 55 (4). – С. 46–49.
55. Панькова Е.К. Биохимические показатели сыворотки крови свиней разных генотипов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (89). – С. 292–296.
56. Influence of castration-induced sex hormone deficiency on serum lipid levels and the genes expression in male pigs / Y.C. Yao, Z.W. Cai, C.J. Zhao [et al.] // Hormone and metabolic research. – 2011. – Vol. 43, № 10. – P. 674–680.
57. Testosterone deficiency accelerates early stage atherosclerosis in miniature pigs fed a high-fat and high-cholesterol diet: urine 1 H NMR metabolomics targeted analysis / L. Deng, D. Fu, L. Zhu [et al.] // Molecular and Cellular Biochemistry. – 2021. – Vol. 476. – P. 1245–1255.

REFERENCES

1. Morgan L., Raz T., Providing Meaningful Environmental Enrichment and Measuring Saliva Cortisol in Pigs Housed on Slatted Flooring, *Journal of Visualized Experiments*, 2019, No. 151, pp. e60070.
2. Buteeva S.K., Kochneva M.L., Zhuchaev K.V. [i dr.], *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*, 2014, No. 2, pp. 41–43. (In Russ.)
3. Kochneva M.L., Zhuchaev K.V., Ivanova O.A., Borisenko E.A., *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2018, No. 4 (22), pp. 91–97. (In Russ.)
4. Papshev S.V., Zhuchaev K.V., Barsukova M.A., *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2000, No. 2, pp. 20–26. (In Russ.)
5. Ragimov G.I., Zhuchaev K.V., Kochneva M.L., Gart V.V., Inerbaev B.O., Goncharenko G.M., Deeva V.S., Hereford and Simmental cattle breeds in Siberia: implementation of the adaptive and productive potential in the cold climate, *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 2019, Vol. 8, No. 4, pp. 9631–9636.
6. Lattin C.R., Kelly T.R., Glucocorticoid negative feedback as a potential mediator of trade-offs between reproduction and survival, *General and Comparative Endocrinology*, 2020, Vol. 286, pp. 113301.
7. Goldstein D.S., Stress-induced activation of the sympathetic nervous system, *Bailliere's clinical endocrinology and metabolism*, 1987, Vol. 1, No. 2, pp. 253–278.
8. Sapolsky R.M., Romero L.M., Munck A.U., How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions, *Endocrine reviews*, 2000, Vol. 21, No. 1, pp. 55–89.
9. Turner A.I., Hemsworth P.H., Tilbrook A.J., Susceptibility of reproduction in female pigs to impairment by stress or elevation of cortisol, *Domest. Anim. Endocrinol.*, 2005, Vol. 29, No. 2, pp. 398–410.
10. De Kloet E.R., Joëls M., Holsboer F., Stress and the brain: from adaptation to disease, *Nature reviews neuroscience*, 2005, Vol. 6, No. 6, pp. 463–475.
11. Dallman M.F., Akana S.F., Laugero K.D. [et al.], A spoonful of sugar: feedback signals of energy stores and corticosterone regulate responses to chronic stress, *Physiology & behavior*, 2003, Vol. 79, No. 1, pp. 3–12.
12. Zhuchaev K.V., Kochneva M.L., Borisenko E.A., Bogdanova O.V., Rep'yuk D.V., Semenov A.A., Eilert A.I., Chubarova I.M., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2016, No. 4, pp. 118–124. (In Russ.)
13. Anokhin S.M., Zhuchaev K.V., Ivanova O.A., *Vestnik IrGSKhA*, 2019, No. 93, pp. 121–130. (In Russ.)
14. Oster M., Gerlinger Ch., Heide Ka. [et al.], Lower dietary phosphorus supply in pigs match both animal welfare aspects and resource efficiency, *Ambio*, 2018, Vol. 47, No. 1, pp. 20–29.
15. Sapolsky R.M., Testicular function, social rank and personality among wild, *Psychoneuroendocrinology*, 1991, Vol. 16, pp. 281–303.
16. Geffré A., Concordet D., Braun J.P. [et al.], *Veterinary Clinical Pathology*, 2011, Vol. 40, No. 1, pp. 107–112.
17. Dzhaparov E.K., Derkho M.A., *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. NE Bauman*, 2019, No. 239(3), pp. 110–117. (In Russ.)

18. Nekrasov R.V., Bogolyubova N.V., Ostrenko K.S., Chabaev M.G. Kut'in I.V. Lakhonin P.D., Semenova A.A., Pchelkina V.A., Nasonova V.V., Loskutov S.I., Rykov R.A., Prytkov Yu.A., *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2023, Vol. 58(4), pp. 638–659. (In Russ.)
19. Dedkova A.I., Sergeeva N.N., *Vestnik agrarnoi nauki*, 2010, No. 24(3), pp. 84–87. (In Russ.)
20. Popova O.A., Tat'yanicheva O.E., *Aktual'nye voprosy sel'skokhozyaistvennoi biologii*, 2018, No. 2(8), pp. 36–40. (In Russ.)
21. Carreras R., Mainau E., Arroyo L. [et al.], Housing conditions do not alter cognitive bias but affect serum cortisol, qualitative behaviour assessment and wounds on the carcass in pigs, *Applied Animal Behaviour Science*, 2016, Vol. 185, pp. 39–44.
22. Orlov D.A., *Nauchnoe obozrenie*, 2014, No. 9–2, pp. 449–453. (In Russ.)
23. Scanes C.G., Lazarus D., Bowen S. [et al.], Postnatal changes in circulating concentrations of growth hormone, somatomedin C and thyroid hormones in pigs, *Domestic animal endocrinology*, 1987, Vol. 4., No. 4, pp. 253–257.
24. Samsonovich V.A., Yatushevich A.I., Motuzko N.S., Bratushkina E.L., *Uchenye zapiski UO VGAVM*, 2011, No. 47(2), pp. 83–86. (In Russ.)
25. Donnik I.M., Petrova O.G., Isaeva A.G., Krysenko Yu.G., *Agrarnyi vestnik Urala*, 2013, No. 5 (111), pp. 12–14. (In Russ.)
26. Yen J.T., Pond W.G., Plasma thyroid hormones, growth and carcass measurements of genetically obese and lean pigs as influenced by thyroprotein supplementation, *Journal of animal science*, 1985, Vol. 61, No. 3, pp. 566–572.
27. Vestergaard P., Rejnmark L., Mosekilde L., Influence of hyper- and hypothyroidism, and the effects of treatment with antithyroid drugs and levothyroxine on fracture risk, *Calcified tissue international*, 2005, Vol. 77, pp. 139–144.
28. Williams G.R., Thyroid hormone actions in cartilage and bone, *European thyroid journal*, 2013, Vol. 2, No. 1, pp. 3–13.
29. Bassett J.H.D., Williams G.R., Role of thyroid hormones in skeletal development and bone maintenance, *Endocrine reviews*, 2016, Vol. 37, No. 2, pp. 135–187.
30. Tarasenko E.I., Konovalova T.V., Osadchuk L.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Sebezhko O.I., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. 4 (69), pp. 294–303. (In Russ.)
31. Gorodetskaya I. V., *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2012, No. 11(3), pp. 28–35. (In Russ.)
32. Yu L., Qiu M., Liu [et al.], Establishing reference intervals for sex hormones and SHBG in apparently healthy Chinese adult men based on a multicenter study, *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 2018, Vol. 56, No. 7, pp. 1152–1160.
33. Titovskii A.V., *Metabolicheskie pokazateli, rezistentnost' i funktsional'noe sostoyanie kory nadpochechnikov i semennikov u khryakov raznykh porod* (Metabolic indices, resistance and functional state of the adrenal cortex and testes in boars of different breeds), Avtoref. diss. kand. biol. Nauk, Kursk, 2024, 20 p.
34. Young E.A., Abelson J., Lightman S.L., Cortisol pulsatility and its role in stress regulation and health, *Frontiers in neuroendocrinology*, 2004, Vol. 25, No. 2, pp. 69–76.
35. Tumbleson M.E., Scholl E., Hematology and clinical chemistry, *Leman AD, ed. Diseases of swine*, Ames: Iowa State University Press, 1981, pp. 27–40.
36. Yu K., Canalias F., Solà-Oriol D. [et al.], Age-related serum biochemical reference intervals established for unweaned calves and piglets in the post-weaning period, *Frontiers in Veterinary Science*, 2019, Vol. 6, pp. 123.
37. Zhang S., Yu B., Liu Q. [et al.], Assessment of hematologic and biochemical parameters for healthy commercial pigs in China, *Animals*, 2022, Vol. 12, No. 18, pp. 2464.
38. Cincović M., Radović M., Belić I. [et al.], Reference values of hematological, biochemical and endocrinological parameters in the blood of piglets aged 1 and 21 days, *Contemporary Agriculture*, 2020, Vol. 69, No. 3–4, pp. 34–40.
39. Stevancevic O., Cincović M., Šević R., Age-associated and breed-associated variations in haematological and biochemical variables in Mangalitsa, Mangalitsa × Durock and Large White Pig, *Acta scientiae veterinariae*, 2019, Vol. 47, pp. 1679.
40. Kholod V.M., Soboleva Yu.G., Baran V.P., Sintserova A.M., *Uchenye zapiski UO VGAVM*, 2021, No. 57(2), pp. 173–178. (In Russ.)
41. Aukhatova S.N., *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2004, No. 5, pp. 97–98. (In Russ.)
42. Kozel L.S., Sukach V.L., Milosta O.V., *Sel'skoe khozyaistvo - problemy i perspektivy* (Agriculture - problems and prospects), Collection of scientific papers, Grodno: GGAU, 2013, No. 20: Veterinariya, pp. 109–115. (In Russ.)
43. Ivanov A.A., Voinova O.A., Ksenofontov D.A., *Sravnitel'naya fiziologiya zhivotnykh* (Comparative Animal Physiology), Sankt-Peterburg: Lan', 2022, 416 p. (In Russ.)
44. Urban G.A., *Veterinarnaya patologiya*, 2012, No. 3 (41), pp. 91–97. (In Russ.)
45. Lodyanov V.V., Ganzenko E.A., *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 97, pp. 762–775. (In Russ.)

46. Smirnova E.V., Derkho M.A., *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baubana*, 2020, No. 242(2), pp. 165–170. (In Russ.)
47. Gritsenko S.A., Derkho M.A., Rebezov M.B., Solomakha S.V., *Agrarnaya nauka*, 2023, (5), pp. 42–48. (In Russ.)
48. Zhuchayev K.V., Kochneva M.L., Borisenko E.A., Barsukova M.A., Orlov D.A., Petukhov V.L., Ryavkin O.V., *Blagopoluchie i potentsial prispособlennosti lokal'nykh porod svinei Sibiri* (Welfare and fitness potential of local pig breeds in Siberia), Novosibirsk, 2022, 218 p. (In Russ.)
49. Shul'gin N.V., Pleshakova V.I., Vlasenko V.S., Zhernosenko A.A., *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 4 (145), pp. 81–87. (In Russ.)
50. Shinkarevich N.A., *Vliyanie biologicheskii aktivnoi kormovoi dobavki «Vetlaktofor» na obmennye protsessy u suporosnykh svinomatok* (The influence of the biologically active feed additive “Vetlactofor” on metabolic processes in pregnant sows), Candidate of Science Dissertation, Sankt-Peteburg, 2023, 200 p. (In Russ.)
51. Figueroa J.L., Lewis A.J., Miller P.S. [et al.], Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets, *Journal of animal science*, 2002, Vol. 80, No. 11, pp. 2911–2919.
52. Hu J., Zhang Z., Shen W.J. [et al.], Cellular cholesterol delivery, intracellular processing and utilization for biosynthesis of steroid hormones, *Nutrition & metabolism*, 2010, Vol. 7, pp. 1–25.
53. Perevoiko Zh.A., Kosilov V.I., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 5 (49), pp. 196–199. (In Russ.)
54. Konotop D.S., Sobolev D.T., Soboleva V.F., *Uchenye zapiski UO VGAVM*, 2019, T. 55 (4), pp. 46–49. (In Russ.)
55. Pan'kova E.K., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, No. 3 (89), pp. 292–296. (In Russ.)
56. Yao Y.C., Cai Z.W., Zhao C.J. [et al.], Influence of castration-induced sex hormone deficiency on serum lipid levels and the genes expression in male pigs, *Hormone and metabolic research*, 2011, Vol. 43, No. 10, pp. 674–680.
57. Deng L., Fu D., Zhu L. [et al.], Testosterone deficiency accelerates early stage atherosclerosis in miniature pigs fed a high-fat and high-cholesterol diet: urine 1 H NMR metabolomics targeted analysis, *Molecular and Cellular Biochemistry*. 2021, Vol. 476, pp. 1245–1255.

Информация об авторах:

К.В. Жучаев, доктор биологических наук, профессор
 М.Л. Кочнева, доктор биологических наук, профессор
 Л.В. Осадчук, доктор биологических наук, профессор
 Е.А. Борисенко, кандидат биологических наук, доцент
 С.В. Папшев, кандидат сельскохозяйственных наук

Contribution of the authors:

K.V. Zhuchayev, Doctor of Biological Sciences, Professor
 M.L. Kochneva, Doctor of Biological Sciences, Professor
 L.V. Osadchuk, Doctor of Biological Sciences, Professor
 E.A. Borisenko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
 S.V. Papshev, Candidate of Agricultural Sciences

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.