

ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА МАТЕРЕЙ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТРИЙОДТИРОНИНА У СВИНЕЙ ПОРОДЫ ЛАНДРАС

Е.И. Тарасенко, аспирант

Т.В. Коновалова, старший преподаватель

Л.В. Осадчук, доктор биологических наук, профессор

О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

В.Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор

О.И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: tarasenkoo1997@mail.ru

Ключевые слова: генотип, свиньи, порода ландрас, трийодтиронин, эндокринная система, тиреоидные гормоны, сыворотка крови.

Реферат. *Одну из главных ролей в гормональной системе организма свиней по функциональной значимости играет щитовидная железа, которая посредством гормона трийодтиронина оказывает комплексное действие на все системы, органы и физиологические процессы, контролируя при этом обмен веществ и энергии в организме животного. Было изучено влияние генотипа матерей на концентрацию и изменчивость трийодтиронина у полных сибсов свиней породы ландрас. Для исследования взяты пробы сыворотки крови у 33 свиней с помощью вакуэт-метода из яремной вены. Образцы крови отобраны по общепринятым методикам. Исследования проводились в лаборатории биохимии Новосибирского государственного аграрного университета с использованием метода конкурентного иммуноферментного анализа с набором реагентов «СтероидИФА-трийодтиронин» для количественного определения концентрации трийодтиронина в сыворотке крови. Иммуноферментный анализ провели на анализаторе Thermo Scientific Multiskan FC. В зоне разведения свиней проводился постоянный мониторинг содержания тяжелых металлов в воде, почве, кормах, органах и тканях. Концентрация химических элементов не превышала уровня ПДК. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с помощью стандартных методов описательной статистики и языка статистического программирования или среды анализа данных RStudio (при помощи функций `descrstats`, `summary`, `sd`, `read.table`, `write.table`, `aes`). Была установлена сила влияния генотипа матерей породы ландрас на содержание трийодтиронина у полных сибсов в условиях Западной Сибири, которая составила 4,6%. У потомков некоторых матерей уровень трийодтиронина был в 1,9 и 1,8 раза выше, чем у других. Было выделено два кластера матерей по концентрации трийодтиронина у полных сибсов, в который были включены три группы матерей со средним уровнем 2,26 нмоль/л и пять групп с концентрацией 1,30 нмоль/л. Были установлены референсные границы уровня трийодтиронина у свиней породы ландрас в условиях Западной Сибири.*

INFLUENCE OF MOTHER'S GENOTYPE ON THE CONCENTRATION AND VARIABILITY OF TRIIODOTHYRONINE IN LANDRACE PIGS

E.I. Tarasenko, PhD student

T.V. Konovalova, Senior Lecturer

L.V. Osadchuk, Doctor of Biological Sciences, Professor

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

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

O.I. Sebezhko, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: tarasenkoo1997@mail.ru

Keywords: genotype, pigs, Landrace breed, triiodothyronine, endocrine system, thyroid hormones, blood serum.

Abstract. *One of the leading roles in the hormonal system of the body of pigs in terms of functional significance is played by the thyroid gland, which, through the hormone triiodothyronine, has a complex effect on all systems,*

organs and physiological processes while controlling the metabolism and energy in the animal's body. The impact of maternal genotype on the concentration and variability of triiodothyronine in complete siblings of Landrace pigs was studied. For the study, blood serum samples were taken from 33 pigs using the vacuum method from the jugular vein. Blood samples were taken according to generally accepted practices. The studies were carried out in the laboratory of the biochemistry of the Novosibirsk State Agrarian University using the technique of competitive enzyme immunoassay with a set of reagents "Steroid ELISA-triiodothyronine" to quantify the concentration of triiodothyronine in blood serum. Enzyme immunoassay was performed on a Thermo Scientific Multiskan FC analyser. In pig breeding, the content of heavy metals in water, soil, feed, organs and tissues was constantly monitored. The concentration of chemical elements did not exceed the MPC level. Statistical processing of experimental data was carried out using standard methods of descriptive statistics and the statistical programming language or data analysis environment RStudio (using the functions: descrstats, summary, sd, read.table, write.table, aes). The strength of the influence of the genotype of mothers of the Landrace breed on the triiodothyronine content in complete siblings in the conditions of Western Siberia was established, which amounted to 4.6%. In some mothers' offspring, the triiodothyronine level was 1.9 and 1.8 times higher than in others. Two clusters of mothers were identified according to the concentration of triiodothyronine in complete siblings, which included three groups of mothers with an average level of 2.26 nmol/l and five groups with the attention of 1.30 nmol/l. The reference limits of the triiodothyronine level in Landrace pigs in the conditions of Western Siberia were established.

Эндокринная система занимает одно из центральных мест в специализированном управлении различными процессами жизнедеятельности организма свиней за счет непосредственной секреции гормонов, а также при участии нервной, иммунной и тканевых систем. Трудно определить такие физиолого-биохимические процессы, которые не находились бы под регулирующим влиянием гормонов. В то же время ни один из гормонов, как правило, полностью не обеспечивает регуляцию отдельных функций. Для этого необходимо одновременное действие ряда гормонов в определенной последовательности и взаимодействии [1].

Гормоны щитовидной железы Т3 и Т4 выполняют множество функций в качестве регуляторов важных метаболических процессов, таких как клеточная активность, рост и развитие функций мозга. Йододефицитные состояния (IDD), такие как зоб, снижение роста и деформации скелета, возникают в случае недостаточного поступления йода, однако избыточное потребление йода приводит к гипотиреозу и аутоиммунному тиреоидиту при выработке гормонов щитовидной железы [2].

Поэтому щитовидная железа как важнейшее регуляторное звено гомеостаза всегда быстро реагирует на воздействие эндогенных и экзогенных факторов путем изменения своей секреторной активности [3, 4].

Стоит отметить, что при организации технологии интенсивного выращивания свиней возникает необходимость в рационах, обеспечивающих животных всеми жизненно необхо-

димыми элементами. Важными составляющими рационов являются как незаменимые аминокислоты, в частности лизин, так и микроэлементы. Уровень и интенсивность обмена белков в значительной степени зависит от деятельности именно щитовидной железы. Установлено, что физиологические дозы йода повышают ее активность и стимулируют процессы синтеза белка в организме свиней. Следует полагать, что одновременное введение в рацион лизина и йодосодержащей биологически активной добавки будет способствовать как коррекции йододефицитных состояний, так и повышению уровня синтеза белка [5–8].

Тиреоидные гормоны в организме животных являются важными модуляторами процессов развития и общего метаболизма, контролируя в них обмен веществ и энергии за счет поддержания баланса между потреблением кислорода и, во-первых, скоростью окислительно-восстановительных реакций, включая окислительное фосфорилирование и свободно-радикальное окисление биомолекул, во-вторых, уровнем теплопродукции [9, 10].

Их дефицит в организме животных сопровождается нарушением углеводного, жирового, белкового, гликопротеидного и витаминно-минерального обмена, замедлением их роста и развития, а также снижением воспроизводительной функции [11, 12].

Кроме этого, тиреоидные гормоны влияют на функционирование системы биогенных аминов (адреналин, норадреналин, дофамин), играющих роль эндогенных антиоксидантов.

Физиологический уровень тиреоидных гормонов – это основа для сохранения гомеостатического равновесия в организме животных. При этом важную роль в обеспечении биологических эффектов тиреоидных гормонов играет кровь, так как время их жизни в кровеносной системе определяет возможность воздействия на клетки органов-мишеней [4, 13, 14].

В литературе достаточно много внимания уделяется изучению патологии щитовидной железы, роли тиреоидных гормонов в формировании ответной реакции организма при стрессе, молочной продуктивности и т.д. В то же время вопросы, касающиеся функционирования щитовидной железы в условиях «нормы», имеют весьма противоречивые и трудносопоставимые данные, что обусловлено индивидуальной вариабельностью и возрастной изменчивостью тиреоидного фона организма свиней в зависимости от породы, возраста, физиологического состояния и т.д. [1, 15–17].

Изучение гормонального статуса у сельскохозяйственных животных важно при комплексной оценке фенотипа пород [18]. Цель исследований – определить влияние генотипа матерей на содержание и изменчивость трийодтиронина у полусибсов свиней породы ландрас.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования является влияние генотипа матерей на концентрацию и изменчивость трийодтиронина у свиней породы ландрас. Кровь отобрали у 33 свиней с помощью вакуэт-метода из яремной вены в утренние часы до кормления. Рацион кормления соответствовал зоотехническим нормам для свиней породы ландрас. Животные на момент взятия проб были клинически здоровы.

Свиньи были разбиты на 8 групп полных сибсов, которые находились в одинаковых условиях кормления и содержания.

В зоне разведения свиней проводился постоянный комплексный мониторинг содержания тяжелых металлов в воде, почве, кормах, органах и тканях. В почве, воде и кормах разных районов Сибири уровень концентрации микроэлементов находится в пределах агрохимических и биогеохимических норм [19, 20].

В сыворотке крови по унифицированной методике определяли уровень свободного трийодтиронина (Т3) иммуноферментным методом. Для этих целей использовали готовые наборы реагентов «СтероидИФА-трийодтиронин» для количественного определения концентрации трийодтиронина в сыворотке крови. Регистрация результатов происходит по изменению оптической плотности. Иммуноферментный анализ проводили на анализаторе Thermo Scientific Multiskan FC (с инкубатором) [21].

Иммуноферментный анализ (ИФА) – лабораторный иммунологический метод качественного или количественного определения различных соединений – от низкомолекулярных соединений, пептидных и стероидных гормонов, фармакологических препаратов, пестицидов до вирусов и бактерий, и даже до других антител. В основе ИФА лежит специфическая реакция антиген–антитело. Выявление образовавшегося комплекса проводят с использованием фермента в качестве метки для регистрации сигнала [22].

Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлена при помощи стандартных методов описательной статистики: средняя арифметическая, стандартная ошибка, стандартное отклонение, коэффициент вариации, медиана, минимальное и максимальное значения, первый и третий квартили, межквартильный размах [23].

Статистическую обработку данных проводили методом вариационной статистики на ПК с помощью табличного процессора Microsoft Excel – 2003 и языка статистического программирования и среды анализа данных RStudio. Для обработки данных в данной программе использовали следующие функции: descrstats, summary, sd, read.table, write.table, aes, dunn.test, lm.

При определении межгрупповых различий пользовались критерием Краскела-Уоллеса в качестве альтернативного непараметрического аналога однофакторного дисперсионного анализа при сравнении трех и более независимых групп.

Множественные сравнения проводили с помощью метода Данна с поправкой Холма. При формировании кластеров и построении дендрограмм использовали метод Уорда.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Секреция тиреоидных гормонов железой и утилизация тиреоидных гормонов клетками-мишенями контролируются свободными белковыми фракциями. Более 99,95 % тироксина и более 99,50 % трийодтиронина в крови связаны с белками-переносчиками. Абсолютные количества свободного тироксина (Т4) и трийодтиронина (Т3) нелегко определить количественно, и лишь недавно появились достаточно точные методики для их сравнительного изучения среди млекопитающих [24–26].

В настоящее время имеются лишь отрывочные сведения о биологических эффектах тиреоидных гормонов в организме свиней и связи их уровня с породой и полом животных. Большая часть исследований отражает секреторную активность щитовидной железы при её патологии, а также при воздействии стрессовых факторов на организм [4, 27–30].

Тиреоидные гормоны обладают широким спектром биологического действия. Они участвуют в стимуляции энергетических и пластических процессов за счет ускорения катаболизма; стабилизации и модификации структуры биомембран; регуляции роста, развития и дифференцировки тканей, в том числе нервной, и рубцовых процессов; обеспечении воспроизводительной функции; формировании продуктивности животного; физиологической адаптации и т.д. Физиологические эффекты тиреоидных гормонов являются следствием их способности связываться с клеточными рецепторами практически всех органов и тканей и влиять на экспрессию генов.

Распределение изучаемого гормона у потомков матерей породы ландрас в наших исследованиях соответствовало нормальному. График распределения трийодтиронина у свиней породы ландрас представлен на рис. 1.

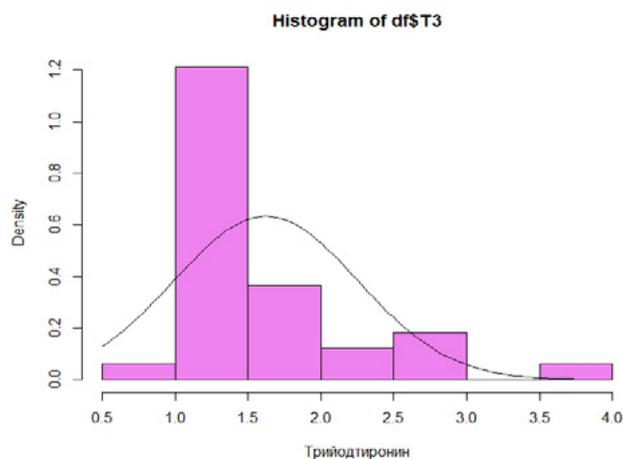


Рис. 1. График распределения трийодтиронина в сыворотке крови потомков матерей породы ландрас
Graph of the distribution of triiodothyronine in the blood serum of the offspring of mothers of the Landrace breed

Анализ экспериментальных данных позволил выявить следующие особенности в гормональном статусе организма свиней. Средний уровень трийодтиронина у потомков разных матерей был в пределах 1,28–3,36 нмоль/л, который находился ближе к нижней границе нормы. Данные значения были приближены к средней нормативной величине, рассчитанной по границам физиологической нормы в данной группе свиней. Кроме того, меньшее стандартное отклонение наблюдается у потомков матери

№ 2363, чем у других, и указывает на то, что данные сгруппированы близко к среднему. По уровню трийодтиронина в сыворотке крови потомков можно построить ранжированный ряд матерей: $2199 \leq 1902 < 2363 < 2849 < 2751 < 23 < 2386 \leq 2617$ в соотношении 1:1,03:1,10:1,15:1,25:1,82:1,94:1,95.

Данные по содержанию трийодтиронина в сыворотке крови свиней породы ландрас показаны в табл. 1.

Концентрация и изменчивость трийодтиронина в сыворотке крови потомства матерей породы ландрас, нмоль/л
The concentration and variability of triiodothyronine in the blood serum of the offspring of mothers of the Landrace breed, nmol/l

Номер матери	n	$\bar{X} \pm S_x$	Me	Min	Max	Q ₁	Q ₃	IQR	Sd	Cv,%
2199	4	1,18±0,073	1,21	0,97	1,31	1,07	1,28	0,211	0,146	12,4
1902	5	1,22±0,061	1,28	1,04	1,37	1,09	1,32	0,23	0,137	11,2
2363	4	1,3±0,036	1,33	1,19	1,35	1,24	1,34	0,098	0,073	5,61
2849	5	1,36±0,057	1,34	1,23	1,57	1,28	1,43	0,153	0,127	9,37
2751	4	1,47±0,11	1,49	1,21	1,68	1,27	1,66	0,383	0,221	15
23	3	2,15±0,37	2,38	1,43	2,65	1,59	2,6	1,02	0,641	29,8
2386	3	2,29±0,782	1,52	1,49	3,85	1,5	3,46	1,97	1,35	59,2
2617	5	2,3±0,218	2,34	1,69	2,95	1,88	2,67	0,787	0,488	21,2

Генетическая изменчивость уровня трийодтиронина среди семейств полных сибсов составляет, (нмоль/л):

$\bar{X} \pm S_x$ 1,66±0,176
 Me 1,41
 Lim 1,18-2,30
 Cv 29,9%

Оценку влияния фактора проводили методом Краскела-Уоллиса с учетом небольшого числа полных сибсов в группах. Было выявлено статистически достоверное влияние генотипа матерей, значение которого составило 22,5

($p < 0,002$). Сила влияния генотипа матерей на концентрацию трийодтиронина равна 4,64%. Генетическая изменчивость в изученной выборке была на уровне 29,9%.

На рис. 2 показаны степени разброса (дисперсии) трийодтиронина в зависимости от группы за пределами верхних и нижних квартилей. Выбросы наблюдаются только у группы матери № 2849. На диаграмме показаны: медиана, верхний и нижний квартили, верхняя и нижняя границы.

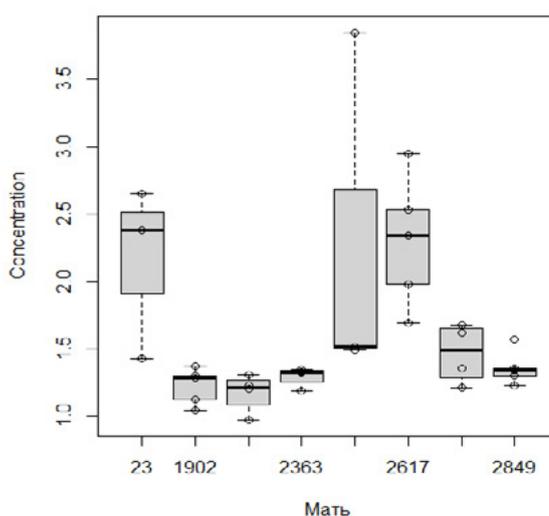


Рис. 2. Диаграмма размаха содержания трийодтиронина в сыворотке крови свиней породы ландрас
 Fig. 2. Diagram of the range of triiodothyronine content in the blood serum of Landrace pigs

В табл. 2 представлены данные по апостериорному анализу. Из полученных данных видно, что концентрация трийодтиронина в сыворотке крови потомков матери 2617 значи-

тельно выше, чем у свиной других матерей, у которых между собой распределение гормона было однородным.

Таблица 2

Сравнение потомков матерей по уровню трийодтиронина в сыворотке крови
Comparison of offspring of mothers by the level of triiodothyronine in blood serum

Сравниваемые семьи	t_d	t_{st}	P
23–1902	2,48	2,45	0,05
2617–1902	4,78	3,36	0,01
2617–2199	4,79	3,5	0,01
2617–2363	4,55	3,5	0,01
2617–2849	4,78	3,36	0,01

Дендрограмма сходства подтверждает данные предыдущего анализа (рис. 3). На основании кластерного анализа выделено две группы. Первый кластер представлен гнездами №23, 2386 и 2617, второй кластер – 1902, 2199, 2751,

2363, 2849. Данные различия свидетельствует о роли наследственности в детерминации уровня трийодтиронина в потомстве свиной породы ландрас.

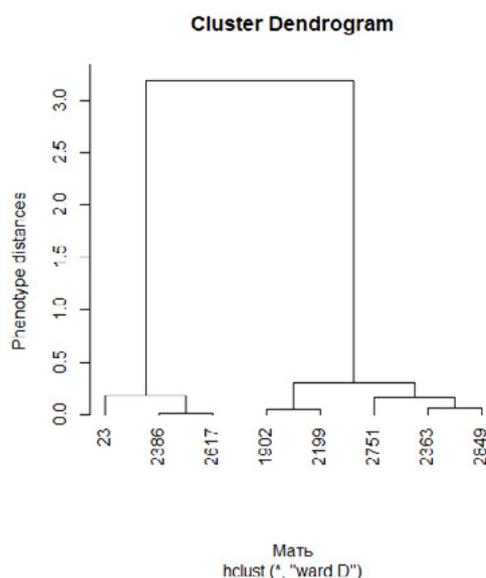


Рис. 3. Дендрограмма распределения уровня трийодтиронина в сыворотке крови потомков матерей породы ландрас

Fig. 3. Dendrogram of the distribution of the level of triiodothyronine in the blood serum of the offspring of mothers of the Landrace breed

Референсные интервалы являются важными показателями в физиологии, патологии и токсикологии. Точные биологические референсные границы необходимы для раннего выявления и своевременной диагностики и лечения заболеваний. Необходимо устанавливать их конкретно для каждого вида и линии

животных. В связи с этим были установлены референсные границы по уровню трийодтиронина у свиной породы ландрас, которые были в пределах 0,31–2,73 нмоль/л. Референсные интервалы, рассчитанные в этом исследовании, будут полезны в дальнейшем для диагностики и ветеринарного мониторинга заболеваний у

свиней породы ландрас. Полученные данные могут быть использованы при комплексной оценке фенотипа свиней породы ландрас.

ВЫВОДЫ

1. Установлена сила влияния генотипа матерей породы ландрас на содержание трийодтиронина у полных сибсов в условиях Западной Сибири, которая равна 4,6%.

2. У потомков некоторых матерей уровень трийодтиронина был в 1,9 и 1,8 раз выше, чем

у других. Коэффициент генетической изменчивости в исследуемой выборке был равен 29%.

3. Выделено два кластера матерей по концентрации трийодтиронина у полных сибсов, в который включены соответственно три группы матерей со средним уровнем 2,26 нмоль/л и пять групп с концентрацией 1,30 нмоль/л.

4. Определены референсные значения уровня трийодтиронина у свиней породы ландрас в условиях Западной Сибири.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балабаев Б.К., Дерхо М.А. Возрастные особенности тиреоидного статуса и белкового обмена в организме животных казахской белоголовой породы // АПК России. – 2016. – № 23/3. – С. 640–645.
2. Effect of iodine source and dose on growth and iodine content in tissue and plasma thyroid hormones in fattening pigs / Q. Li, C. Mair, K. Schedle [et al.] // European journal of nutrition. – 2012. – Vol. 51. – P. 685–691.
3. Dillman E. Hypothermia in iron deficiency due to altered triiodothyronine metabolism // American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. – 1980. – Vol. 239, N 5. – P. R377–R381.
4. Мекин Р.С., Дерхо М.А. Особенности взаимосвязей между гормонами тиреотропин-тиреоидной системы в организме молодняка свиней разного пола и породы // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. НЭ Баумана. – 2021. – Т. 245, №. 1. – С. 101–108.
5. Nowak G. Free thyroid hormone levels during the postnatal period in the pig // Neonatology. – 1983. – Т. 43. – № 3-4. – С. 164-171.
6. Claus R., Weiler U. Endocrine regulation of growth and metabolism in the pig: a review // Livestock Production Science. – 1994. – Т. 37, №. 3 – С. 245–260.
7. Hematologic and biochemical reference intervals for 1 month old specific pathogen free Landrace pigs / C. Li, F. Wang, R. Li, M. Ishfaq [et al.] // Veterinary Clinical Pathology. – 2021. – Vol. 50, N 1. – P. 76–80.
8. Морфофункциональное состояние тиреоидного статуса свиней при коррекции йодной недостаточности / З.С. Габитова, А.Н. Мамцев, В.Н. Байматов // Российский ветеринарный журнал. – 2009. – № 4. – С. 43–45.
9. Recovery of peripheral nerve function after axotomy: effect of triiodothyronine / R.A. Berenberg, D.S. Forman, D.K. Wood // Experimental neurology. – 1977. – Vol. 57, N 2. – С. 349–363.
10. The influences of thermal stress on serum biochemical parameters of Iranian fat-tailed sheep and their correlation with triiodothyronine (T3), thyroxine (T4) and cortisol concentrations / S. Nazifi, M. Saeb, E. Rowghani, K. Kaveh // Comparative Clinical Pathology. – 2003. – Vol. 12, N 3. – P. 135–139.
11. Abrams G.M., Larsen P.R. Triiodothyronine and thyroxine in the serum and thyroid glands of iodine-deficient rats // The Journal of Clinical Investigation. – 1973. – Vol. 52, N 10. – С. 2522–2531.
12. Тиреоидный статус свиней и его коррекция / В.А. Самсонович, А.И. Ятусевич, Н.С. Мотузко, Е.Л. Братушкина // Ученые записки УО ВГАВМ. – 2011. – Т. 47, № 2. – С. 84–86.
13. 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, N 4. – P. 253–257.
14. Hematologic and biochemical reference intervals for Norwegian crossbreed grower pigs / T.B. Klem, E. Bleken, H. Morberg // Veterinary clinical pathology. – 2010. – Vol. 39, N 2. – P. 221–226.
15. Mezey E., Potter J.J. Effects of thyroidectomy and triiodothyronine administration on rat liver alcohol dehydrogenase // Gastroenterology. – 1981. – Vol. 80, N 3. – P. 566–574.

16. *Maternal nutrient deprivation induces sex-specific changes in thyroid hormone receptor and deiodinase expression in the fetal guinea pig brain* / S.Y. Chan, M.H. Andrews, R. Lingas, C.J. McCabe et. al. // *The Journal of Physiology*. – 2005. – Vol. 566, N 2. – P. 467–480.
17. *Sequential observation of changes in thyroxine, triiodothyronine and reverse triiodothyronine during the postnatal adaptation of the pig* / A.B. Ślebodziński, G. Nowak, H. Zamysłowska // *Neonatology*. – 1981. – Vol. 39, N 3–4. – P. 191–199.
18. *Гормональный и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области* / Л.В. Осадчук, О.И. Себежко, Н.Г. Шишин, О.С. Короткевич [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2017. – № 2 (43). – С. 52–61.
19. *Проблемы селекции сельскохозяйственных животных* / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.]. – Новосибирск: Сиб. предпр. «Наука» РАН, 1997. – 283 с.
20. *Проблемы сельскохозяйственной экологии* / А.Г. Незавитин, В.Л. Петухов, А.Н. Власенко [и др.]. – Новосибирск: Наука, 2000. – 255 с.
21. *Тарасенко Е.И., Климанова Е.А. Межпородные различия по уровню эстрадиола в сыворотке крови овец* // *Проблемы биологии, зоотехнии и биотехнологии: сб. тр. науч.-практ. конф. науч. о-ва студентов и аспирантов биол.-технолог. фак.* – Новосибирск, 2022. – С. 164–166.
22. *Тарасенко Е.И. Ассоциация трийодтиронина с показателями белкового обмена у овец романовской породы* // *Повышение производства продукции животноводства на современном этапе: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию кафедры частного животноводства.* – Витебск, 2022. – С. 78–81.
23. *Зайко О.А., Тарасенко Е.И. Содержание марганца в некоторых органах и тканях свиней породы ландрас* // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2022. – № 3 (64). – С. 102–110.
24. *Общий и свободный тироксин и трийодтиронин в сыворотке крови млекопитающих* / Р.Р. Андерсон, Д.А. Никсон, М.А. Акаша // *Сравнительная биохимия и физиология*. – 1988. – Т. 89, № 3. – С. 401–404.
25. *Pabst R. The pig as a model for immunology research* // *Cell Tissue Res*. – 2020. – Vol. 380, N 2. – P. 287–304. – DOI: 10.1007/s00441-020-03206-9.
26. *Prunier A., Quesnel H. Nutritional influences on the hormonal control of reproduction in female pigs* // *Livestock Production Science*. – 2000. – Vol. 63, N 1. – P. 1–16.
27. *Growth, body composition and hormonal status of growing pigs exhibiting a normal or small weight at birth and exposed to a neonatal diet enriched in proteins* / A. Morise, B. Seve, K. Macé [et al.] // *British journal of nutrition*. – 2011. – Vol. 105, N 10. – С. 1471–1479.
28. *Влияние генотипа свиноматок на значение цветного показателя у потомства* / О.А. Зайко, О.И. Себежко, И.К. Бирюля // *Модернизация аграрного образования: сб. науч. тр. по материалам VII Междунар. науч.-практ. конф.* – Томск; Новосибирск, 2021. – С. 986–988.
29. *Влияние генотипа бычков-производителей голштинской породы на содержание натрия в сыворотке крови сыновей* / М.В. Стрижкова, О.И. Себежко, Т.В. Коновалова [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2021. – № 1 (58). – С. 125–133.
30. *Влияние генотипа баранов-производителей романовской породы на аккумуляцию цинка в шерсти потомства* / Л. Мингжун, Р.Т. Саурбаева, Л. Венронг [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2019. – № 3 (52). – С. 91–97.

REFERENCES

1. Balabaev B.K., Derho M.A., *APK Rossii*, 2016, No. 23/3, pp. 640–645. (In Russ.)
2. Li Q., Mair C., Schedle K. et al., Effect of iodine source and dose on growth and iodine content in tissue and plasma thyroid hormones in fattening pigs, *European journal of nutrition*, 2012, T. 51, pp. 685–691.
3. Dillman E., Hypothermia in iron deficiency due to altered triiodothyronine metabolism, *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 1980, T. 239, №. 5, pp. R377–R381.
4. Mekin R.S., Derho M.A., *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.E. Baubana*, 2021, T. 245, No. 1, pp. 101–108. (In Russ.)

5. Nowak G., Free thyroid hormone levels during the postnatal period in the pig, *Neonatology*, 1983, T. 43, №. 3–4, pp. 164–171.
6. Claus R., Weiler U., Endocrine regulation of growth and metabolism in the pig: a review, *Livestock Production Science*, 1994, T. 37, No. 3, pp. 245–260.
7. Li C., Wang F., Li R., Ishfaq M. et. al., Hematologic and biochemical reference intervals for 1 month old specific pathogen free Landrace pigs, *Veterinary Clinical Pathology*, 2021, T. 50, No. 1, pp. 76–80.
8. Gabitova Z.S., Mamcev A.N., Bajmatov V.N., *Rossijskij veterinarnyj zhurnal*, 2009, No. 4, pp. 43–45. (In Russ.)
9. Berenberg R.A., Forman D.S., Wood D.K., Recovery of peripheral nerve function after axotomy: effect of triiodothyronine *Experimental neurology*, 1977, T. 57, No. 2, pp. 349–363.
10. Nazifi S., Saeb M., Rowghani E., Kaveh K., The influences of thermal stress on serum biochemical parameters of Iranian fat-tailed sheep and their correlation with triiodothyronine (T3), thyroxine (T4) and cortisol concentrations *Comparative Clinical Pathology*, 2003, T. 12, No. 3, pp. 135–39.
11. Abrams G.M., Larsen P.R., Triiodothyronine and thyroxine in the serum and thyroid glands of iodine-deficient rats, *The Journal of Clinical Investigation*, 1973, T. 52, No. 10, pp. 2522–2531.
12. Samsonovich V.A., YAtusevich A.I., Motuzko N.S., Bratushkina E.L., *Uchenye zapiski UO VGAVM*, 2011, T. 47, No. 2, pp. 84–86. (In Russ.)
13. 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, T. 4, No. 4, pp. 253–257.
14. Klem T.B., Bleken E., Morberg H., Hematologic and biochemical reference intervals for Norwegian cross-breed grower pigs, *Veterinary clinical pathology*, 2010, T. 39, No. 2, pp. 221–226.
15. Mezey E., Potter J.J., Effects of thyroidectomy and triiodothyronine administration on rat liver alcohol dehydrogenase, *Gastroenterology*, 1981, T. 80, No. 3, pp. 566–574.
16. Chan S.Y., Andrews M.H., Lingas R., McCabe C.J. et. al., Maternal nutrient deprivation induces sex-specific changes in thyroid hormone receptor and deiodinase expression in the fetal guinea pig brain, *The Journal of Physiology*, 2005, T. 566, No. 2, pp. 467–480.
17. Ślebodziński A.B., Nowak G., Zamysłowska H., Sequential observation of changes in thyroxine, triiodothyronine and reverse triiodothyronine during the postnatal adaptation of the pig, *Neonatology*, 1981, T. 39, No. 3–4, pp. 191–199.
18. Osadchuk L.V., Sebezhko O.I., SHishin N.G., Korotkevich O.S. i dr., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 2 (43), pp. 52–61. (In Russ.)
19. Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K. [et al.], *Problemy seleksii sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh*, (Problems of breeding farm animals) Novosibirsk: Sibirskoe izdatel'sko poligraficheskoe i knigotorgovoe predpriyatie «Nauka» RAN, 1997. 283 p.
20. Nezavitin A.G., Petuhov V.L., Vlasenko A.N. [i dr.], *Problemy sel'skohozyajstvennoj ekologii* (), Novosibirsk: Nauka, 2000, 255 p.
21. Tarasenko E.I., Klimanova E.A., *Problemy biologii, zootehnii i biotekhnologii* (), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2022, pp. 164–166. (In Russ.)
22. Tarasenko E.I. *Povyshenie proizvodstva produkci zivotnovodstva na sovremennom etape* (), Proceedings of the Conference Title, Vitebsk, 2022, pp. 78–81. (In Russ.)
23. Zajko O.A., Tarasenko E.I., *Vestnik NGAU* (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet), 2022, No. 3 (64), pp. 102–110. (In Russ.)
24. Anderson R.R., Nikson D.A., Akasha M.A., *Sravnitel'naya biohimiya i fiziologiya*, 1988, T. 89, No. 3, pp. 401–404. (In Russ.)
25. Pabst R., The pig as a model for immunology research, *Cell Tissue Res*, 2020, Vol. 380, No. 2, pp. 287–304, DOI: 10.1007/s00441-020-03206-9.
26. Prunier A., Quesnel H., Nutritional influences on the hormonal control of reproduction in female pigs, *Livestock Production Science*, 2000, T. 63, No. 1, pp. 1–16.
27. Morise A., Seve B., Macé K. et.al., Growth, body composition and hormonal status of growing pigs exhibiting a normal or small weight at birth and exposed to a neonatal diet enriched in proteins, *British journal of nutrition*, 2011, T. 105, No. 10, pp. 1471–1479.

28. Zajko O.A., Sebezhko O.I., Biryulya I.K., *Modernizaciya agrarnogo obrazovaniya* (), Proceedings of the Conference Title, Tomsk-Novosibirsk, 2021, pp. 986–988. (In Russ.)
29. Strizhkova M.V., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Narozhnyh K.N., Andreeva V.A., Korotkevich O.S., Petuhov V.L., *Vestnik NGAU* (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet), 2021, No. 1 (58), pp. 125–133. (In Russ.)
30. Mingzhun L., Saurbaeva R.T., Venrong L., Sebezhko O.I., Andreeva V.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., *Vestnik NGAU* (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet), 2019, No. 3 (52), pp. 91–97. (In Russ.)