

nacii protiv CVS-2 i *Lawsonia intracellularis* / G. Kano, H. Sanmartin // *Svinovodstvo*. – 2012. – № 3. – S. 55. – EDN OWLRJL. 7. Kobzar', A. I. *Prikladnaya matematicheskaya statistika* / A. I. Kobzar'. – Moskva : Fizmatlit, 2006. – 816 s. 8. Ocenka diagnosticheskogo potenciala substancii rekombinantnogo belka kapsida CVS-2 v kachestve komponenta IFA / K. V. Kudin, M. I. Potapovich, I. V. Kudina, V. A. Prokulevich // *Mikrobnnye biotekhnologii: fundamental'nye i prikladnye aspekty : sbornik nauchnyh trudov*. – Moskva : Respublikanskoje unitarnoe predpriyatie "Izdatel'skij dom "Belorusskaya nauka", 2018. – T. 10. – S. 172–183. – EDN ITISNU. 9. Peretruhina, A. T. *Bakterijnye i virusnye preparaty* / A. T. Peretruhina, E. I. Blinova. – Akademiya Estestvoznaniya, 2010. 10. Popov, V. S. *Etiologicheskie osobennosti immunodeficitov u svinej v usloviyah promyshlennoj tekhnologii* / V. S. Popov, N. V. Samburov, A. A. Zorikova // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skhozajstvennoj akademii [Tekst : elektronnyj]*. – 2016. – №4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/etiologicheskie-osobennosti-immunodefitsitov-u-svinej-v-usloviyah-promyshlennoj-tehnologii> (data obrashcheniya: 29.07.2022). 11. Seroprevalentnost' k cirkovirusu 2 tipa i parvovirusu svinej v Central'nom federal'nom okruge Rossijskoj Federacii / A. S. Oganessian, O. P. B'yadovskaya, S. A. Dudnikov, L. B. Prohvatilova // *Veterinarnaya patologiya*. – 2007. – № 4(23). – S. 91–95. – EDN OFAAEB. 12. Stashkevich, D. S. *Aktual'nyevoprosyimmunologii: sistemacitokinov, biologicheskoeznachenie, geneticheskijpolimorfizm, metodyopredeleniya: uchebnoeposobie* / D. S. Stashke-vich, YU. YU. Filippova, A. L. Burmistrova ; *CHelyabinskij gosudarstvennyj universitet*. – CHelyabinsk : Cicero, 2016. – 82 s. 13. Hryanin, A. A. *Interferon-gamma: gorizonty terapii* / A. A. Hryanin, O. V. Reshetnikov // *Antibiotiki i himioterapiya [Tekst : elektronnyj]*. – 2016. – №3-4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/interferon-gamma-gorizonty-terapii> (data obrashcheniya: 03.05.2022). 14. SHahov, A. G. *Etiologiya i profilaktika zheludochno-kishechnyh i respiratornyh boleznej telyat i porosyat* / A. G. SHahov // *Veterinarnyj konsul'tant*. – 2003. – № 1. – S. 11–13.

Поступила в редакцию 18.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-65-73

УДК 636:616.441:615.1:550.47

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИООРГАНИЧЕСКОГО ЙОДА В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ, ПОЛУЧАВШИХ СОЕДИНЕНИЯ ЙОДА В СОСТАВЕ РАЦИОНА

*Тюрин В.Г. ORCID ID 0000000201539775, **Семенов В.Г. ORCID ID 0000-0002-0349-5825, *Вагин К.Н. ORCID ID 0000-0003-4396-614X, *Курбангалеев Я.М. ORCID ID 0000-0003-3652-1978, *Гайнутдинов Т.Р. ORCID ID 0000-0003-3832-883X, *Ильгизарова Р.Г. ORCID ID 0000-0002-0810-7449, *Усольцев К.В. ORCID ID 0000-0001-5279-9836, *Идрисов А.М. ORCID ID 0000-0002-0053-7380, ****Багаутдинов И.А., *****Родионова Н.В. ORCID ID 0000-0001-5860-5668, *****Капитонова Е.А. ORCID ID 0000-0003-4307-8433
 *ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности», г. Казань, Научный городок-2, Российская Федерация
 **Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Российская Федерация
 ***Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Российская Федерация
 ****Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Российская Федерация
 *****ОАО «Ак Барс Пестрецы», Республика Татарстан
 *****ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И.Скрябина», г. Москва, Российская Федерация

Целью исследований явилось определение содержания биологического йода в организме кроликов и коров, получавших соединения йода в составе рациона. Спектрофотометрическими исследованиями установлено, что через 1 месяц после начала опытов количество белковосвязанного йода (БСЙ) в сыворотке крови контрольных кроликов, которых кормили ОР, составляло $(44,33 \pm 1,45)$ мкг/дм³; у получавших рацион с дефицитом йода наблюдалось снижение до $(26,43 \pm 1,95)$ мкг/дм³ (на 39,8%), у животных третьей группы, получавших ОР+йодид калия, содержание БСЙ в сыворотке крови составило $(48,27 \pm 1,62)$ мкг/дм³ (повышение на 9,8%); у животных четвертой группы, получавших ОР+биологически активная добавка «Ламинария – морская капуста БИО» (БАД), $(52,55 \pm 2,13)$ мкг/дм³ (повышение на 21,4%). Результаты иммуноферментного анализа показали, что изменения количества трийодтиронина (Т₃) и тироксина (Т₄) в сыворотке крови кроликов в ходе опыта были аналогичны изменениям количества БСЙ в сыворотке крови, определенного спектрофотометрическим методом. У коров по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя количество Т₃ в сыворотке крови коров снижается на 19,2%, а количество Т₄, наоборот, постепенно повышается на 20,6%. Количество БСЙ в сыворотке крови коров по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя снижается на 15,63% и в период раздоя находится на нижнем пределе уровня физиологической нормы для данного вида животных (норма для дойных коров 50 мкг/дм³). При коррекции йододефицита добавлением препарата «Кайод» количество Т₃ в сыворотке крови коров повысилось на 27,8%; Т₄ - на 30,3% ($P < 0,01$), количество БСЙ - на 24,91% по сравнению с контрольной группой. Значения концентрации белковосвязанного йода в крови кроликов и гормонов щитовидной железы коррелируют между собой, а два использованных метода дополняют друг друга. **Ключевые слова:** белковосвязанный йод, гормоны, щитовидная железа, методы определения, кормовая добавка, йодид калия, кайод, кровь, кролики, коровы.

DETERMINATION OF THE CONTENT OF BIOORGANIC IODINE IN THE BODY OF ANIMALS RECEIVING IODINE COMPOUNDS AS COMPOSITION OF THE DIET

^{*,*****}Tyurin V.G., ^{***}Semenov V.G., ^{*,****}Vagin K.N., ^{*}Kurbangaleev Y.M., ^{*,****}Gaynutdinov T.R., ^{*}Rakhmatullina G.I., ^{*}Usoltsev K.V., ^{*}Idrisov A.M., ^{*****}Bagautdinov I.A., ^{*****}Rodionova N.V., ^{*****}Kapitonova E.A.

^{*}Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety", Kazan, Russian Federation

^{**}The All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology, Moscow, Russian Federation

^{***}Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russian Federation

^{****}Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

^{*****}OJSC "Ak Bars Pestretsy", Republic of Tatarstan

^{*****}Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I.Scryabin, Moscow, Russian Federation

*The purpose of the research was to determine the content of bioorganic iodine in the body of rabbits and cows that received iodine compounds as part of the diet. Spectrophotometric studies established that 1 month after the start of the experiments, the amount of protein-bound iodine (BPI) in the blood serum of control rabbits fed OR was $(44.33 \pm 1.45) \mu\text{g}/\text{dm}^3$; in those receiving a diet with iodine deficiency, there was a decrease to $(26.43 \pm 1.95) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (by 39.8 %), in animals of the third group receiving OR + potassium iodide, the content of BSI in the blood serum was $(48.27 \pm 1.62) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (increase by 9.8 %); in animals of the fourth group that received OR + biologically active additive "Laminaria – sea kale BIO (BAA), $(52.55 \pm 2.13) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (increase by 21.4 %). The results of the enzyme immunoassay showed that changes in the amount of triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4) in the blood serum of rabbits during the experiment were similar to changes in the amount of BSI in the blood serum determined by the spectrophotometric method. In cows, as milk yield increases from the dry period to the milking period, the amount of T3 in the blood serum of cows decreases by 19.2 %, and the amount of T4, on the contrary, gradually increases by 20.6 %. The amount of BSI in the blood serum of cows, as milk yield increases from the dry period to the milking period, decreases by 15.63 % and during the milking period is at the lower limit of the physiological norm for this type of animal (the norm for dairy cows is $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$). When correcting iodine deficiency by adding the drug Kayod, the amount of T3 in the blood serum of cows increased by 27.8 %; T4 – by 30.3 % ($P < 0.01$), the number of BSI – by 24.91 % compared to the control group. The concentrations of protein-bound iodine in the blood of rabbits and thyroid hormones correlate with each other, and the two methods used complement each other. **Keywords:** protein-bound iodine, hormones, thyroid gland, determination methods, feed additive, potassium iodide, Kayod, blood, rabbits, cows.*

Введение. Йод является одним из микроэлементов, играющих решающую роль в развитии животных и птицы. Более половины всего йода, находящегося в организме, аккумулируется в тканях щитовидной железы (ЩЖ) [2, 4].

Тироксин и трийодтиронин образуются в фолликулярных клетках ЩЖ из аминокислоты тирозина и неорганического йода. Органический йод плазмы крови представлен в основном гормонами ЩЖ, связанными с глобулинами и частично с альбуминами. Связанный с белком йод плазмы крови от 90% до 95% состоит из тироксина, поэтому его уровень в крови служит критерием для оценки функционального состояния ЩЖ.

В ЩЖ йод окисляется до атомарного йода, который включается в молекулу тиреоглобулина с образованием органически связанного йода. Основными йодированными тиреоглобулинами являются производные аминокислоты тирозина – йодтирозин и йодтиронин. Наиболее высокое содержание йода в тироксине – его молекула на 65% состоит из йода. Йод в ЩЖ катализирует превращение тироксина в трийодтиронин. Около 2% йода остается в неорганической форме (йодидов) и может возвращаться в плазму крови. Этот йод называется лабильно связанным. Из организма йод выводится от 70% до 80%, в основном почками [1, 9, 11].

Влияние гормонов щитовидной железы сказывается на всех процессах обмена веществ (белковый, углеводный, жировой, водно-солевой). Так, тиреоидные гормоны, во-первых, повышают потребность тканей в кислороде, образование энергии, разобщают процессы окисления и фосфорилирования, поэтому освободившаяся энергия не накапливается в макроэргических фосфатных соединениях; во-вторых – влияют на белковый обмен и при нормальном содержании гормонов способствуют синтезу белка и росту [6, 7, 10].

При составлении рационов следует учитывать природные условия того или иного региона Российской Федерации по содержанию йода, так как вся выращенная продукция в регионах с низким содержанием йода приводит к йододефицитному состоянию [2]. Поэтому в 95 странах мира принято законодательство по обогащению соли йодом. В нашей стране среднее потребление йода на одного человека составляет не более 40-80 мкг в сутки, что практически в три раза меньше нормы, которая составляет 150-250 мкг. Снижение содержания гормонов щитовидной железы приводит к снижению репродуктивной функции, эндемическому зобу и гипотиреозу [3, 5].

Для определения йододефицита в организме предложены различные методы. Однако каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, применение этих методов требует детальной апробации и объективной оценки. В связи с изложенным считаем, что отбор и испытание наиболее оптимального способа определения биоорганического йода в организме является важнейшей задачей выявления и устранения йододефицита для обеспечения продовольственной безопасности страны [5, 8].

Наиболее чувствительными, информативными и доступными методами определения йода в крови являются иммуноферментный метод тиреоидных гормонов T_3 и T_4 , а также спектрофотометрический метод определения белково-связанного йода (БСИ). Последний основан на измерении каталитической активности йода в системе $Se^{+4}-As^{+3}$ по Е.В. Sandell, I.M. Kolthoff.

Целью проведенных исследований явилось определение содержания биоорганического йода в организме кроликов и коров, получавших соединения йода в составе рациона.

Материалы и методы исследований. Опыты проведены в 3 сериях и в 2 повторностях. 1-я серия опытов проведена в условиях отделения радиобиологии. В качестве объектов исследований использованы 24 кролика обоего пола в возрасте от 9 до 12 месяцев, массой от 2,8 до 3,5 кг, разделенных по принципу аналогов на четыре группы по шесть животных в каждой. Животные первой группы получали основной рацион (ОР), соответствующий зоотехническим требованиям, без биодобавок и служили контролем, животные второй группы получали йододефицитный рацион. Животных третьей и четвертой групп кормили ОР с добавлением ежедневно в течение 30 суток, соответственно, неорганического йода в виде йодида калия и биоорганического йода в виде биологически активной добавки (БАД) «Ламинария – морская капуста БИО». Неорганический йод добавляли в питьевую воду в дозе 3 мг/животное. БАД давали с кормом в виде порошка с частицами размером 3,0 мм из расчета 2 г на 1 кг корма.

Далее 2-я и 3-я серии опытов были проведены в условиях отделения радиобиологии и ОАО «Ак Барс Пестрецы» Пестречинского района Республики Татарстан. Во 2 серии опытов в соответствии с поставленной задачей проводился мониторинг йододефицита у коров различных физиологических групп по содержанию у них БСИ, а также тиреоидных гормонов T_3 и T_4 . Для этого были взяты 30 коров из группы периода сухостоя, послеродового периода и периода раздоя по 10 голов в каждой, а также 5 голов телят в возрасте от 1 до 4 мес. У коров и телят исследовали содержание БСИ с помощью спектрофотометрического метода, а также гормонов ЩЖ трийодтиронина (T_3) и тироксина (T_4) в сыворотке крови с использованием иммуноферментного анализа (ИФА).

В 3 серии опытов изучали возможность коррекции йододефицита у коров группы послеродового периода и периода раздоя путем добавления препарата «Кайод» (йодида калия). По результатам 2 серии опытов были отобраны 12 коров со сравнительно низким содержанием БСИ и тиреоидных гормонов, которые были разделены на 2 аналогичные группы по 6 голов в каждой.

Для коров разных физиологических групп в хозяйстве использовались соответствующие рационы, разработанные согласно зоотехническим нормам кормления. Животные первой группы получали основной рацион (ОР, таблица 1) без биодобавок и служили контролем. Животных второй группы кормили основным рационом с добавлением ежедневно в течение 30 сут. препарата «Кайод». Препарат «Кайод» Российского производства (компания-производитель: ООО НПК «Асконт+») выпускается в виде таблеток в пластиковых банках по 50 и 1000 таблеток в банке. Одна таблетка препарата «Кайод» содержит 6 мг йодида калия. Препарат давали коровам в виде таблеток с концентратами в дозе 12,0 мг/животное в сутки, что соответствует 10 мг йода с учетом содержания калия в массе йодида калия, равного 25 процентам.

Таблица 1 – Рацион кормления коров

Состав рациона	Единица измерения	Основной рацион
Сено люцерновое	кг	5
Травяная резка	кг	1
Сенаж разнотравный	кг	6
Силос кукурузный	кг	10
Корнеплоды	кг	6
Концентраты	кг	4,8
Соль поваренная	г	90
Динатрий фосфат	г	40
Цинк сернокислый	мг	1020
Кобальт хлористый	мг	14
Масса рациона	кг	32,930
В рационе содержится:		
Кормовых единиц		12,60

Продолжение таблицы 1

Состав рациона	Единица измерения	Основной рацион
Сухого вещества	кг	15,90
Обменной энергии	Мдж	161,00
Сырого протеина	г	1970,00
Переваримого протеина	г	1280
Сырого жира	г	408,00
Сырой клетчатки	г	3632,00
Сахара	г	1152,00
Крахмала	г	2369,00
Кальция	г	90,00
Фосфора	г	63,00
Магния	г	29,00
Калия	г	229,00
Серы	г	32,00
Меди	мг	125,00
Железа	мг	6439,00
Марганца	мг	807,00
Цинка	мг	755,00
Кобальта	мг	9,00
Йода	мг	10,00
Каротина	мг	532,00
Витамина D	тыс. МЕ	12,6
Витамина E	мг	505

Определение белково-связанного йода (БСЙ) в сыворотке крови коров проводили с использованием спектрофотометрического метода по E.B. Sandell, I.M. Kolthoff в модификации К.Б. Яцимирского [8]. Для этого у животных брали пробы крови и выделяли сыворотку общепринятым методом.

Техника определения белково-связанного йода по указанному методу состоит из следующих процессов:

- осаждение белков сыворотки крови белковыми осадителями и отмывание белкового осадка от неорганического йода;
- выделение элементарного йода из белкового осадка;
- количественное определение йода спектрофотометрическим методом.

В пробирку из термостойкого стекла вносили 0,5 см³ сыворотки крови, добавляли бидистиллированную воды до 8 см³, перемешивали, добавляли 1 см³ 10% раствора ZnSO₄ и 1 см³ 0,5 н. раствора KOH. Перемешивали стеклянной палочкой и центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 мин. Надосадочный слой сливали. Осадок промывали 3 раза в бидистиллированной воде (по 10 см³), к промытому осадку приливали 1 см³ 2 н. раствора KOH, в котором растворяли осадок. Пробу помещали в сушильный шкаф на время от 16 до 18 ч при температуре (90±5) °С. Высушенный осадок сжигали в муфельной печи при температуре (600±25) °С в течение 1 ч. К охлажденному минерализованному осадку добавляли 10 см³ бидистиллированной воды, перемешивали и центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 мин.

В спектрофотометрические пробирки переносили по 4 см³ надосадочной жидкости (две пробы), добавляли 1 см³ мышьяковистого ангидрида, перемешивали и помещали в водяную баню при температуре 37 °С. Через 10 мин в каждую пробирку с интервалом в 1 мин. добавляли по 1 см³ 0,04 н. раствора церия-аммония сернокислого окисного той же температуры. Энергично встряхивали и инкубировали в водяной бане 20 мин., после чего проводили спектрофотометрию при длине волны 420 нм в кювете с толщиной слоя 1 см против бидистиллированной воды.

Калибровочную кривую строили в диапазоне доз 0,02–0,04–0,06 мкг йода в пробе. Для этого в пробирки (№ 1, 2, 3, 4) вносили по 0,5 см³ 2 М раствора соляной кислоты. В пробирку № 1 добавляли 3,5 см³ бидистиллированной воды, № 2 – 2,5 см³ бидистиллированной воды и 1 см³ калибровочного раствора с 0,02 мкг йода, № 3 – 1,5 см³ бидистиллированной воды и 2 см³ калибровочного раствора с 0,04 мкг йода, № 4 – 0,5 см³ бидистиллированной воды и 3 см³ калибровочного раствора с 0,06 мкг йода. Во все пробирки добавляли по 0,5 см³ мышьяковистого ангидрида. Затем все операции выполняли так же, как с испытуемыми образцами.

Концентрацию йода в 1 дм³ сыворотки крови С, мкг/дм³, вычисляли по формуле:

$$C = \frac{A}{B} \times 2500, \quad (1)$$

где А – количество йода в пробе, определенное по калибровочной кривой, мкг;
 Б – количество сыворотки крови, взятой в опыт, дм³.

Определение функциональной активности ЩЖ с использованием иммуноферментного анализа (ИФА) проводили согласно инструкции по применению «Наборов реактивов для иммуноферментного определения концентрации трийодтиронина (Т₃) и тироксина (Т₄) в сыворотке крови», произведенных АО «Вектор-Бест».

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом вариационной статистики с использованием компьютерной программы «Microsoft Office Excel».

Результаты исследований. Исследованиями установлено (таблица 2), что количество БСИ в сыворотке крови контрольных кроликов в ходе опыта повысилось на 2,8%; у животных второй группы, получавших йододефицитный рацион, снизилось на 39,8% (P<0,01); у животных третьей группы, получавших неорганический йод, повысилось на 9,8%; у животных четвертой группы, получавших БАД «Ламинария – морская капуста БИО» – на 21,4% (P<0,01).

Таблица 2 – Результаты спектрофотометрического определения содержания БСИ в сыворотке крови кроликов до и после добавки в рацион неорганического и органического йода, мкг/дм³

Группа	Исход (фон)	1 месяц
1 (контроль) – ОР	43,10±1,43	44,33±1,45
2 – йододефицитный рацион	43,90±1,55	26,43±1,95*
3 – ОР + йодид калия	43,95±1,63	48,27±1,62
4 – ОР + БАД	43,28±1,25	52,55±2,13*

Примечание. * – P<0,05.

Результаты иммуноферментного определения концентрации гормонов ЩЖ (таблица 3) показали, что количество Т₃ в сыворотке крови кроликов контрольной группы в ходе опыта повысилось на 1,6%; у животных второй группы, получавших йододефицитный рацион, снизилось на 40,8% (P<0,01); у животных третьей группы, получавших неорганический йод, повысилось на 14,4%; у животных четвертой группы, получавших БАД, повысилось на 35,0% (P<0,01). Количество Т₄ в сыворотке крови кроликов контрольной группы в ходе опыта повысилось на 3,6%; у животных второй группы, получавших йододефицитный рацион, снизилось на 44,3% (P<0,01); у животных третьей группы, получавших неорганический йод, повысилось на 16,3%; у животных четвертой группы, получавших БАД, повысилось на 45,4% (P<0,01).

Таблица 3 – Концентрация трийодтиронина (Т₃) и тироксина (Т₄) в сыворотке крови кроликов (нмоль/л)

Группа	Исход (фон)		1 месяц	
	Т ₃	Т ₄	Т ₃	Т ₄
1 (контроль) – ОР	1,87±0,15	75,72±4,67	1,90±0,12	78,43±4,47
2 – йододефицитный рацион	1,91±0,12	78,20±4,88	1,13±0,08*	43,57±2,23*
3 – ОР + йодид калия	1,88±0,14	80,68±4,25	2,15±0,13	93,85±5,77
4 – ОР + БАД	1,80±0,12	72,13±3,03	2,43±0,15*	104,90±5,50*

Примечание. * – P<0,01.

На 30 сутки опыта у животных третьей группы, получавших основной рацион с добавлением неорганического йода (ОР + йодид калия) (P>0,05), а также у животных четвертой группы, получавших основной рацион с добавлением БАД (ОР + БАД) (P<0,01), показатели Т₃ и Т₄ были значительно выше контроля.

Результаты исследований по моделированию йододефицита у лабораторных животных с использованием кормов с различным содержанием йода показали, что кормление опытных животных в течение одного месяца йододефицитным рационом создает у них йододефицитное состояние.

Спектрофотометрическими исследованиями установлено (таблица 4), что количество белково-связанного йода (БСИ) в сыворотке крови коров по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя снижается на 15,63% (P<0,05) и находится на нижнем пределе уровня физиологической нормы для данного вида животных (норма для дойных коров 50 мкг/дм³).

Таблица 4 – Результаты спектрофотометрического определения содержания белково-связанного йода (БСЙ) в сыворотке крови коров, мкг/дм³, в различные периоды лактации (n = 10)

Группа (период)	Концентрация БСЙ
I – сухостоя	57,25±2,24
II – послеродовой (1-2 мес.)	51,40±4,30
III – раздоя	49,51±3,10*
IV – телята 1-4 мес.	59,48±2,98

Примечание. * – $P < 0,05$.

Результаты иммуноферментного определения концентрации гормонов ЩЖ (таблица 5) показали, что количество трийодтиронина (T_3) в сыворотке крови коров снижается по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя (на 19,2%, $P < 0,01$).

При этом за этот период количество тироксина (T_4) в сыворотке крови коров, наоборот, постепенно повышается на 20,6% ($P < 0,05$). Это, по-видимому, связано с тем, что, в ходе подсосного периода и периода раздоя напряженность биосинтетических процессов в щитовидной железе повышалась, что было направлено на создание гормонального запаса в организме коров с целью обеспечения и поддержания процесса молокообразования.

Конверсия (превращение) тироксина в трийодтиронин (T_4/T_3) у коров по мере раздоя уменьшалась на 43,8%. Логично предположить, что это было результатом подготовки организма матери к восстановлению полового цикла, инициирующего мобилизацию всех внутренних резервов организма коров, в том числе и эндокринных.

Таблица 5 – Результаты мониторинга йододефицита у коров по концентрации трийодтиронина (T_3) и тироксина (T_4) в сыворотке крови (нмоль/л) в различные периоды лактации (n = 10)

Группа (период)	T_3 (нмоль/л)	T_4 (нмоль/л)	T_4/T_3 , (усл. ед.)
I – сухостоя	2,17±0,06	87,30±4,67	40,23
II – послеродовой (1-2 мес.)	1,93±0,10	96,70±4,30	50,10
III – раздоя	1,82±0,10**	105,30±5,40*	57,86
IV – телята 1-4 мес	1,76±0,20	142,30±4,30	80,85

Примечание. * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$.

В 3 серии опытов изучали возможность коррекции йододефицита у коров группы послеродового периода и периода раздоя путем добавления препарата «Кайод» (йодида калия). Животные первой группы получали основной рацион (ОР) без биодобавок и служили контролем. Животных второй группы кормили основным рационом с добавлением ежедневно в течение 30 сут. препарата «Кайод».

Спектрофотометрическими исследованиями установлено (таблица 6), что количество БСЙ в сыворотке крови контрольных коров в ходе опыта не изменялось; у животных второй группы, получавших препарат «Кайод», к концу опыта повысилось на 24,91% ($P < 0,01$) по сравнению с контрольной группой.

Таблица 6 – Результаты спектрофотометрического определения содержания белково-связанного йода (БСЙ) в сыворотке крови коров до и после введения в рацион препарата «Кайод», мкг/дм³ (n = 6)

Группа	Фон	30 сут.
I (ОР) – контроль	48,40±2,33	47,70±2,02
II (ОР+кайод)	47,97±2,10	59,58±2,37**

Примечание. ** – $P < 0,01$.

Результаты иммуноферментного определения концентрации гормонов ЩЖ (таблица 7) показали, что количество трийодтиронина (T_3) в сыворотке крови коров контрольной группы в ходе опыта существенно не изменялось; у получавших препарат «Кайод» – повысилось на 27,8% ($P < 0,01$). Количество тироксина (T_4) в сыворотке крови у коров, получавших препарат «Кайод», повысилось на 30,3% ($P < 0,01$).

Таблица 7 – Концентрация трийодтиронина (Т₃) и тироксина (Т₄) (нмоль/л) в сыворотке крови коров послеродового периода и периода раздоя при коррекции йододефицита препаратом «Кайод» (n = 6)

Группа	Исход (фон)		Через 1 месяц	
	Т ₃	Т ₄	Т ₃	Т ₄
I (ОР) – контроль	1,67±0,07	92,67±4,50	1,69±0,07	90,83±4,33
II (ОР+кайод)	1,73±0,06	88,50±3,83	2,16±0,07**	118,33±5,83**

Примечание. ** – $P < 0,01$.

Заключение. По данным спектрофотометрических исследований количество БСИ в сыворотке крови контрольных кроликов повысилась на 2,8%; у животных 2-й группы, получавших йододефицитный рацион, снизилось на 39,8%; у животных 3-й группы, получавших неорганический йод, повысилась на 9,8%; у животных 4-й группы, получавших БАД «Ламинария – морская капуста БИО», повысилась на 21,4%. При этом результаты иммуноферментного анализа показали, что изменения количества трийодтиронина (Т₃) и тироксина (Т₄) в сыворотке крови кроликов в ходе опыта были аналогичны изменениям количества БСИ в сыворотке крови, определенного спектрофотометрическим методом. Установлено, что поступление йода в организм животных в виде БАД «Ламинария – морская капуста БИО» на фоне кормления ОР сопровождается более выраженным усвоением йода щитовидной железой, чем при поступлении в виде калия йодида.

Значения концентрации белково-связанного йода в крови кроликов и гормонов щитовидной железы коррелируют между собой, а два использованных метода дополняют друг друга. Спектрофотометрический метод позволяет определить наличие или отсутствие йододефицита, а количество гормонов трийодтиронина и тироксина, которые регулируют основные процессы жизнедеятельности, характеризует функциональную активность щитовидной железы.

Спектрофотометрическими исследованиями установлено, что количество белково-связанного йода (БСИ) в сыворотке крови коров по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя снижается на 15,63% ($P < 0,05$) и находится на нижнем пределе уровня физиологической нормы для данного вида животных (норма для дойных коров 50 мкг/дм³). В результате проведенных исследований установлено, что количество трийодтиронина (Т₃) в сыворотке крови коров снижается по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя (на 19,2%, $P < 0,01$). Количество тироксина (Т₄) в сыворотке крови коров за этот период постепенно повышалось на 20,6% ($P < 0,05$). Конверсия тироксина в трийодтиронин (Т₄/Т₃) у коров по мере раздоя уменьшалась на 43,8%.

В 3 серии опытов установлено, что количество белково-связанного йода (БСИ) в сыворотке крови контрольных коров в ходе опыта не изменялось; у животных 2-й группы, получавших препарат «Кайод», к концу опыта повысилась на 24,91% ($P < 0,01$) по сравнению с контрольной группой. Результаты иммуноферментного определения концентрации гормонов ЩЖ показали, что количество трийодтиронина (Т₃) в сыворотке крови коров контрольной группы в ходе опыта существенно не изменялось; у получавших препарат «Кайод» – повысилась на 27,8% ($P < 0,01$). Количество тироксина (Т₄) в сыворотке крови у коров, получавших препарат «Кайод», повысилась на 30,3% ($P < 0,01$). Значения концентрации белково-связанного йода и гормонов щитовидной железы в сыворотке крови коррелируют между собой, а два использованных метода дополняют друг друга. Спектрофотометрический метод позволяет определить наличие или отсутствие йододефицита, а количество гормонов трийодтиронина и тироксина, которые регулируют основные процессы жизнедеятельности, характеризует функциональную активность щитовидной железы.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности». Номер государственного учета НИОКТР - 122042600099-7. Работа выполнена в рамках Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).

Conclusion. According to the spectrophotometric studies, the amount of BSI in the blood serum of control rabbits increased by 2.8%; in animals of group 2 receiving an iodine-deficient diet, it decreased by 39.8%; in animals of the 3rd group receiving inorganic iodine, it increased by 9.8%; in animals of the 4th group receiving the dietary supplement Laminaria – sea kale BIO, it increased by 21.4%. At the same time, the results of the enzyme immunoassay showed that changes in the amount of triiodothyronine (T₃) and thyroxine (T₄) in the blood serum of rabbits during the experiment were similar to changes in the amount of BSI in the blood serum determined by the spectrophotometric method. It has been established that the intake of iodine into the body of animals in the form of the dietary supplement Laminaria - Seaweed BIO against the background of feeding with OR is accompanied by a more pronounced absorption of iodine by the thyroid gland than when supplied in the form of potassium iodide.

The concentrations of protein-bound iodine in the blood of rabbits and thyroid hormones correlate with each other, and the two methods used complement each other. The spectrophotometric

method allows us to determine the presence or absence of iodine deficiency, and the amount of the hormones triiodothyronine and thyroxine, which regulate basic life processes, characterizes the functional activity of the thyroid gland.

Spectrophotometric studies have established that the amount of protein-bound iodine (BPI) in the blood serum of cows, as milk yield increases from the dry period to the milking period, decreases by 15.63% ($P < 0.05$) and is at the lower limit of the physiological norm for this animal species (norm for dairy cows 50 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$). As a result of the studies, it was established that the amount of triiodothyronine (T3) in the blood serum of cows decreases as milk yield increases from the dry period to the milking period (by 19.2%, $P < 0.01$). The amount of thyroxine (T4) in the blood serum of cows during this period gradually increased by 20.6% ($P < 0.05$). The conversion of thyroxine to triiodothyronine (T4/T3) in cows decreased by 43.8% as they milked.

In series 3 of experiments, it was established that the amount of protein-bound iodine (BPI) in the blood serum of control cows did not change during the experiment; in animals of the 2nd group receiving the drug Kayod, by the end of the experiment it increased by 24.91% ($P < 0.01$) compared to the control group.

The results of enzyme-linked immunosorbent determination of the concentration of thyroid hormones showed that the amount of triiodothyronine (T3) in the blood serum of cows in the control group did not change significantly during the experiment; in those receiving the drug Kayod it increased by 27.8%; ($P < 0.01$). The amount of thyroxine (T4) in the blood serum of cows receiving the drug Kayod increased by 30.3% ($P < 0.01$). The concentrations of protein-bound iodine and thyroid hormones in blood serum correlate with each other, and the two methods used complement each other. The spectrophotometric method allows us to determine the presence or absence of iodine deficiency, and the amount of the hormones triiodothyronine and thyroxine, which regulate basic life processes, characterizes the functional activity of the thyroid gland.

The work was carried out using subsidies allocated by the Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety. State registration number of R&D is 122042600099-7. The work was carried out within the framework of the Strategic Academic Leadership Program of the Kazan (Volga Region) Federal University (PRIORITY-2030).

Список литературы. 1. Афанасьева, А. И. Влияние различных доз йодсодержащего препарата «Монклавит-1» на уровень тиреоидных гормонов щитовидной железы в крови лактирующих овец Западносибирской мясной породы / А. И. Афанасьева, В. А. Сарычев // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 6. – С. 100–104. 2. Конструирование дефицита йода в организме кроликов / К. Н. Вагин, Т. Р. Гайнутдинов, Ф. Р. Вафин [и др.] // Инновационные решения актуальных вопросов биобезопасности : сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Казань, 2022. – С. 93–97. 3. Взаимосвязь химического состава почвы и поверхностных вод Республики Крым и их влияние на развитие эндемичных заболеваний / С. В. Иванов, М. Г. Гук, Ф. Р. Фазылова [и др.] // Центральный научный вестник. – 2018. – Т. 3, № 10 (51). – С. 15–19. 4. Карабаева, М. Э. Проблема йододефицита у животных / М. Э. Карабаева // Эффективное животноводство. – 2018. – № 2 (141). – С. 28–29. 5. Методические рекомендации по гамма-облучению различных видов продукции и сырья растительного и животного происхождения / Р. Н. Низамов, В. В. Уваев, Н. М. Василевский [и др.]. – Казань, 2021. 6. Морфо-биохимические функции организма овец и их коррекция в условиях йододефицита / М. И. Селионова, А. К. Михайленко, Л. Н. Чижова [и др.] // Юг России: экология, развитие [Текст : электронный]. – 2019. – Т. 14, № 1. – С. 42–53. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfo-biohimicheskie-funktsii-organizma-ovets-i-ih-korreksiya-v-usloviyah-yododefitsita> (дата обращения: 19.02.2024). 7. Технология производства продукции животноводства : курс лекций : учебно-методическое пособие : в 2 ч. / М. А. Гласкович, Е. А. Капотонова, Т. В. Соляник [и др.]. – Горки : БГСХА, 2017. – Ч. 2 : Технология производства продукции коневодства, овецоводства, пушного звероводства и пчеловодства. – 239 с. 8. Яцимирский, К. Б. Кинетические методы анализа / К. Б. Яцимирский. – Москва : Химия, 1967. – 204 с. 9. Radioprotective activity of gamma-irradiated *St. aureus* variants / T. R. Gainutdinov, K. N. Vagin, R. N. Nizamov [et al.] // *Linguistica Antverpiensia*. – 2021. – Vol. 2021, № 2. – P. 1176–1193. 10. Agricultural products decontamination from natural flora by gamma-irradiation / Ya. M. Kurbangaleev, K. N. Vagin, T. R. Gainutdinov [et al.] // *Linguistica Antverpiensia*. – 2021. – Vol. 2021, № 2. – P. 981–992. 11. A 2018 European Thyroid Association Survey on the Use of Selenium Supplementation in Hashimoto's Thyroiditis / K. H. Winther, E. Papini, R. Attanasio [et al.] // *Eur Thyroid J*. – 2020. – № 9. – P. 99–105.

References. 1. Afanas'eva, A. I. Vliyaniye razlichnykh doz jodsoderzhashchego preparata «Monklavit-1» na uroven' tireoidnykh gormonov shchitovidnoj zhelezy v krovi laktiruyushchih ovec Zapadnosibirskoj myasnoj porody / A. I. Afanas'eva, V. A. Sarychev // *Vestnik KrasGAU*. – 2018. – № 6. – S. 100–104. 2. Konstruirovaniye deficita joda v organizme krolikov / K. N. Vagin, T. R. Gajnutdinov, F. R. Vafin [i dr.] // *Innovacionnye resheniya aktual'nykh voprosov biobezopasnosti : sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. – Kazan', 2022. – S. 93–97. 3. Vzaimosvyaz' himicheskogo sostava pochvy i poverhnoznykh vod Respubliki Krym i ih vliyaniye na razvitie endemichnykh zabolevanij / S. V. Ivanov, M. G. Guk, F. R. Fazylova [i dr.] // *Central'nyj nauchnyj vestnik*. – 2018. – T. 3, № 10 (51). – S. 15–19. 4. Karabaeva, M. E. Problema jododefitsita u zhivotnykh / M. E. Karabaeva // *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. – 2018. – № 2 (141). – S. 28–29. 5. Metodicheskie rekomendacii po gamma-oblucheniyu razlichnykh vidov produkcii i syr'ya rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya / R. N. Nizamov, V. V. Uvaev, N. M. Vasilevskij [i dr.]. – Kazan', 2021. 6. Morfo-biohimicheskie funktsii organizma ovec i ih

korrekciya v usloviyah jododeficyta / M. I. Selionova, A. K. Mihajlenko, L. N. Chizhova [i dr.] // YUg Rossii: ekologiya, razvitiye [Tekst : elektronnyj], – 2019. – T. 14, № 1. – С. 42–53. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfo-biohimicheskie-funksii-organizma-ovets-i-ih-korreksiya-v-usloviyah-yododeficyta> (data obrashcheniya: 19.02.2024). 7. Tekhnologiya proizvodstva produkcii zhivotnovodstva : kurs lekcij : uchebno-metodicheskoe posobie : v 2 ch. / M. A. Glaskovich, E. A. Kapitonova, T. V. Solyanik [i dr.]. – Gorki : BGSKHA, 2017. – Ch. 2 : Tekhnologiya proizvodstva produkcii konevodstva, ovcevodstva, pushnogo zverovodstva i pchelovodstva. – 239 s. 8. YAcimirskij, K. B. Kineticheskie metody analiza / K. B. YAcimirskij. – Moskva : Himiya, 1967. – 204 s. 9. Radioprotective activity of gamma-irradiated *St. aureus* variants / T. R. Gainutdinov, K. N. Vagin, R. N. Nizamov [et al.] // *Linguistica Antverpiensia*. – 2021. – Vol. 2021, № 2. – P. 1176–1193. 10. Agricultural products decontamination from natural flora by gamma-irradiation / Ya. M. Kurbangaleev, K. N. Vagin, T. R. Gainutdinov [et al.] // *Linguistica Antverpiensia*. – 2021. – Vol. 2021, № 2. – P. 981–992. 11. A 2018 European Thyroid Association Survey on the Use of Selenium Supplementation in Hashimoto's Thyroiditis / K. H. Winther, E. Papini, R. Attanasio [et al.] // *Eur Thyroid J*. – 2020. – № 9. – P. 99–105.

Поступила в редакцию 15.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-73-78

УДК 619:616.995.132.6

КАПИЛЛЯРИОЗ КУР В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМ

Ятусевич А.И. ORCID ID 0000-0003-2701-6419, Ковалевская Е.О. ORCID ID 0000-0002-6382-5355,
Шлыкova П.П. ORCID ID 0009-0001-0532-0527

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

В работе представлены результаты впервые проведенного эпизоотологического мониторинга капилляриоза кур в условиях Витебской и Гомельской областей (экстенсивность инвазии в среднем составила 31,3%). Изучены сроки развития яиц капиллярий во внешней среде при различных температурах (развитие их до инвазионной стадии занимает от 2 недель до месяца). При исследовании показателей крови наблюдалось: эритропения, лейкоцитоз, снижение содержания гемоглобина, общего белка, его фракций и глюкозы; повышение ферментативной активности сыворотки крови, содержания холестерина и мочевой кислоты. Испытаны лекарственные средства растительного (отвар пижмы обыкновенной) и химического («Фенгран 20%») происхождения. Проанализированы их эффективность и влияние на организм кур: экстенсивность отвара пижмы обыкновенной составила 80%, препарата «Фенгран 20%» – 100%. Установлено, что при терапии кур соответствующими препаратами показатели крови улучшаются и стабилизируются к 10-му дню исследований. **Ключевые слова:** птицеводство, куры-несушки, гельминтозы, капилляриоз, показатели крови, антигельминтные препараты.

CAPILLARIASIS IN CHICKENS UNDER CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS AND MEASURES AGAINST IT

Yatusevich A.I., Kovalevskaya E.O., Shlykova P.P.

EE “Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine”, Vitebsk, Republic of Belarus

The paper presents the results of the first epizootiological monitoring of chicken capillariasis in the Vitebsk and Gomel regions (the average rate of infestation prevalence was 31.3%). The terms of the development of capillaria eggs in the external environment at different temperatures were studied (the development to the invasive stage takes from 2 weeks to a month). In the study of blood indices, the following was observed: erythropenia, leukocytosis, a decrease in the content of haemoglobin, total protein, its fractions and glucose; an increase in the enzymatic activity of blood serum, cholesterol and uric acid content. Medicines of herbal (decoction *Tanacetum vulgare*) and chemical (Fengran 20%) origin were tested. Their efficacy and effect on the organism of chickens were analysed: extensefficacy of the decoction of *Tanacetum vulgare* was 80%, of the preparation Fengran 20% – 100%. It is established that in the therapy of chickens by the corresponding drugs, the blood indices improve and stabilize by the 10th day of research. **Keywords:** poultry farming, laying hens, helminthic diseases, capillariasis, blood parameters, antihelminthic preparations.

Введение. Птицеводство как одна из рентабельных областей за последние годы обрело значительное развитие, как в промышленном птицеводстве, так и в личных подсобных хозяйствах граждан и фермерских хозяйствах. Интенсивное развитие промышленного птицеводства стало возможным благодаря повышению роли науки в решении проблем разведения, кормления, содержания птицы, усовершенствованию технического оснащения птицефабрик, производства комбикормов [7].

Развитие данной отрасли сдерживается многими факторами, в том числе и патогенным влиянием гельминтов на организм птицы [4]. Паразитофауна птиц все еще не изучена в полной мере, а также отмечается тенденция к распространению новых и возвращающихся болезней, что является актуальным на современном этапе развития. К числу распространенных болезней куриных птиц,