

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ФАБРИЦИЕВОЙ СУМКИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДОЗИРОВАННОГО НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД РАННЕГО ЭМБРИОГЕНЕЗА

Елена Сергеевна Федорова^{1✉}, Ольга Игоревна Станишевская²

^{1,2}Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», Российская Федерация

¹канд. биол. наук, старший научный сотрудник, e-mail: Osot2005@yandex.ru, orcid.org/0000-0001-1618-6271

²д-р биол. наук, главный научный сотрудник, orcid.org/0000-0001-9504-3916

РЕФЕРАТ

Воздействие абиотических факторов в период раннего эмбрионального развития может служить методом управления онтогенезом с целью повышения адаптационных способностей кур. Основной целью данного исследования было апробировать технологический прием для повышения общей резистентности молодняка кур в критический период выращивания (первые 2 недели жизни) на птице современного коммерческого кросса.

Исследования проведены на цыплятах промышленного мясного кросса «Росс-308». При проведении исследований были использованы методики подготовки и окраски гистологических срезов бursы гематоксилином-эозином, синтеза кДНК и ПЦР-РВ для определения относительной экспрессии генов TLR7 и IL7. Режим инкубации яиц: 1 – 6 сутки 37,8°C, 7 – 17 сутки 37,5°C, 18 – 21 сутки 37,2 – 37,3°C. На 5,5 сутки инкубации проводили охлаждение эмбрионов опытных групп в течение 6 часов при +16...+18°C. Стресс-фактором, на фоне которого проводили оценку влияния режима инкубации на развитие (индекс, морфология) и функцию бursы (относительная экспрессия генов иммунитета TLR7 и IL7), была выбрана вакцинация цыплят живой вакциной против болезни Гамборо, или инфекционной бурсальной болезни (ИББ).

В результате исследований установлено, что однократное дозированное низкотемпературное воздействие в чувствительный период раннего эмбриогенеза способствует лучшему развитию бursы к 14-суточному возрасту (индекс бursы в опытной группе на 16 – 20 % выше, чем в контроле). После прививки от болезни Гамборо у цыплят опытной группы наблюдается меньшее угнетение бursы, в отличие от контрольной, в которой на 6-й день после вакцинации наблюдается увеличение лимфоидных фолликулов, уменьшение в них медуллярной зоны и увеличение корковой. Toll-подобные рецепторы у цыплят в опыте значительно быстрее индуцируют возникновение воспалительной реакции и выработку цитокинов в ответ на вакцинацию живой вакциной, о чем свидетельствует более высокий уровень пика экспрессии гена IL-7 (в 1,8 – 2,6 раза выше, $p < 0,001$) на 6-е сутки после вакцинации.

Ключевые слова: бройлеры, бурса, иммунитет, TLR7, IL-7.

Для цитирования: Федорова Е.С., Станишевская О.И. Особенности развития фабрициевой сумки цыплят-бройлеров в результате дозированного низкотемпературного воздействия в чувствительный период раннего эмбриогенеза. Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2026;2:217-221. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.2.217>

FEATURES OF DEVELOPMENT OF THE BURSA FABRICIA IN BROILER CHICKENS RESULTING FROM DOSED LOW-TEMPERATURE EXPOSURE DURING THE SENSITIVE PERIOD OF EARLY EMBRYOGENESIS

Elena S. Fedorova^{1✉}, Olga Ig. Stanishevskaya²

^{1,2}All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center for Animal Husbandry – All-Russian Research Institute of Livestock Breeding named after Academician L.K. Ernst”, Russian Federation

¹Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, e-mail: Osot2005@yandex.ru, orcid.org/0000-0001-1618-6271

²Dr. of Biological Sciences, Chief Researcher, orcid.org/0000-0001-9504-3916

ABSTRACT

The influence of abiotic factors during early embryonic development can serve as a method of managing ontogenesis in order to increase the adaptive abilities of chickens. The main purpose of this study was to test a technological technique to increase the overall resistance of chickens during the critical rearing period (the first 2 weeks of life) using commercial meat cross chickens.

The research was carried out on chickens of the "Ross-308" commercial meat cross. During the research, methods of preparation and staining of histological sections of bursa with hematoxylin-eosin, cDNA synthesis and PCR-RV were used to determine the relative expression of TLR7 and IL7 genes. Egg incubation mode: 1-6 days 37.8°C, 7-17 days 37.5°C, 18-21 days 37.2 – 37.3°C. On the 5.5 day of incubation, the embryos of the experimental groups were cooled for 6 hours at +16...+18°C. The stress factor used to assess the effect of the

incubation regime on development (index, morphology) and bursa function (relative expression of the TLR7 and IL7 immunity genes) was vaccination of chickens with a live Gumboro disease vaccine.

As a result of the research, it was found that a single dosed low-temperature exposure during the sensitive period of early embryogenesis contributes to the better development of bursa by the age of 14 days (the bursa index in the experimental group is 16 – 20 % higher than in the control group). After vaccination against Gumboro disease, chickens of the experimental group showed less bursa suppression, in contrast to the control group, in which, on the 6th day after vaccination, there was an increase in lymphoid follicles, a decrease in the medullary zone and an increase in the cortical zone. Toll-like receptors in chickens in the experiment significantly faster induce the occurrence of an inflammatory reaction and cytokine production in response to vaccination with a live vaccine, as evidenced by a higher peak level of IL-7 gene expression (1.8 – 2.6 times higher, $p < 0.001$) on the 6th day after vaccination.

Key words: broilers, bursa, immunity, TLR7, IL-7.

For citation: Fedorova E.S., Stanishevskaya O.I. Features of development of the bursa Fabricia in broiler chickens resulting from dosed low-temperature exposure during the sensitive period of early embryogenesis. Legal regulation in veterinary medicine. 2026;2:217-221. (in Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2026.2.217>

ВВЕДЕНИЕ

Адаптационные механизмы в раннем эмбриогенезе вовлечены в иммунологические процессы, лежащие в основе восприимчивости цыплят к инфекции. Исследованиями различных ученых доказано, что куриный транскриптом можно перепрограммировать путем манипуляций различными параметрами окружающей среды (например, температуры инкубации) во время раннего эмбриогенеза [1, 2].

Инфекционная бурсальная болезнь (ИББ), или болезнь Гамборо, может служить в качестве модельной инфекции при изучении механизмов формирования иммунобиологического статуса организма, поскольку является одним из самых серьезных инфекционных заболеваний в птицеводстве. Вирус ИББ атакует иммунную систему кур, разрушая В- и Т-клетки, что приводит к снижению лимфоцитов и последующей системной иммунной дисфункции. Неспособность поддерживать количество и популяцию лимфоцитов у кур, инфицированных ИББ, увеличивает восприимчивость к инфекции к другим патогенам, что приводит к гибели кур из-за вторичной инфекции. Кроме того, реакцию на вакцинацию против данного заболевания можно оценить также по показателям развития бursы (масса, индекс, морфология) [2].

Ранее нами было изучено влияние дозированного воздействия пониженных температур на кур генофондных пород в раннем онтогенезе, выявлено его влияние на адаптационные способности, специфическую резистентность и морфологию органа первичного иммунитета (бursы) [3].

В процессы поддержания иммунобиологического статуса организма вовлечено большое число генов. Одними из них являются гены Toll-подобного рецептора TLR7 и интерлейкина – IL7. TLR7 распознаёт одноцепочечную РНК вирусов, что является важным компонентом противовирусной защиты [4]. Согласно зарубежным исследованиям, вакцина против ИББ с адьювантом TIR-TLR7 способна модулировать клеточный иммунный ответ у обработанных цыплят [5]. IL-7, благодаря своим мощным иммуностимулирующим свойствам по восстановлению числа В-клеток после иммуносупрессии, может быть использован для лечения заболеваний, связанных с иммунодефицитом, а также способен усиливать иммуногенность вакци-

ны от ИББ, действуя как адьювант [6, 7].

Основной целью данного исследования было изучить особенности развития фабрициевой сумки цыплят-бройлеров после воздействия дозированного низкотемпературного воздействия в чувствительный период раннего эмбриогенеза с целью верификации технологического приема для повышения общей резистентности молодняка кур в критический период выращивания (первые 2 недели жизни) на птице современного коммерческого кросса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на цыплятах промышленного мясного кросса «Росс-308». На инкубацию заложено 90 яиц (45 штук – контрольная группа, 45 – опытная). Режим инкубации яиц: 1 – 6 сутки 37,8°C, 7 – 17 сутки 37,5°C, 18 – 21 сутки 37,2 – 37,3°C. На 6-е сутки инкубации проводили охлаждение эмбрионов опытной группы в течение 6 часов при +16...+18°C. Для проведения исследований были отобраны цыплята одного срока вывода (500 – 505 часов инкубации) и со средней живой массой по группе в возрасте 14-суток. Эвтаназия цыплят проведена методом декапитации (протокол исследования был одобрен Комиссией по этике ВНИИГРЖ, протокол № 2 от 13 января 2025 года). Показатели развития бursы и профиля экспрессии генов иммунитета в бурсе 14-суточных цыплят-бройлеров на 6-е сутки после вакцинации от ИББ были оценены по 5 головам петушков и курочек в каждой группе.

В качестве стресс-фактора для оценки влияния режима инкубации на развитие бursы (масса, индекс, морфология) использовали вакцинацию цыплят против болезни Гамборо, или инфекционной бурсальной болезни (ИББ), которую проводили в 9-суточном возрасте живой сухой вакциной «Авивак-ИББ» (штамм Винтерфилд 2512). Индекс бursы рассчитывали как отношение массы бursы к массе тела цыпленка, помноженное на 1000.

При проведении исследований были использованы следующие методики и оборудование:

- ♦ подготовка и окраска гистологических срезов бursы (гематоксилином-эозином). Оценка гистологических препаратов была проведена с помощью люминесцентного микроскопа «БИОСКОП-4», цифровой камеры MC-8.3 и алгоритмов программного обеспечения MCVIEW (ЛОМО, Россия);

♦ синтез кДНК с реагентами набора «Обратная транскриптаза M-MuLV-RH» и ПЦР-РВ с использованием «БиоМастер ОТ-ПЦР SYBR Blue (2×)» для определения относительной экспрессии в бурсе генов TLR7 и IL7.

Статистическая обработка материала с использованием функционала компьютерной программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате наших исследований установлено, что охлаждение эмбрионов в чувствительный период раннего эмбриогенеза способствовало лучшему развитию Фабрицевой сумки, о чем свидетельствует увеличение индекса бursы у 2-недельных цыплят промышленного мясного кросса опытной группы на 16 – 20% (табл. 1). Однако площадь лимфатических фолликулов в бурсе цыплят контрольной группы к 14-суточному возрасту была в среднем на 5% выше, чем у цыплят в опыте (рис.1).

Площадь коркового вещества у цыплят контрольной группы увеличивается, а мозгового – уменьшается по сравнению с опытом ($p < 0,001$). Вероятно, это объясняется реакцией на вакцинацию живой вакциной от ИББ, которую цыплята контрольной группы переносят хуже, чем цыплята в опыте. Полученные результаты полностью согласуются с литературными данными, согласо-

но которым наблюдается аналогичная закономерность реакции бursы в ответ на сильную антигенную стимуляцию [8].

Однако экспрессия данных генов в целевом органе вирусной репликации при инфицировании ИББ – фабрицевой сумке – был различным (табл. 1). Согласно литературным данным, на ранних стадиях инфекции ИББ экспрессия TLR7 снижается [9], а относительная экспрессия мРНК IL-7 достигает пика через 144 ч (6 суток) [10]. В результате проведенных исследований установлено, что относительная экспрессия гена TLR7 в бурсе цыплят опытной группы на 6-й день после вакцинации от ИББ на 13 – 30% ниже ($p < 0,05$), а гена IL-7 – в 1,8 – 2,6 раза выше ($p < 0,001$), чем у цыплят контрольной группы. Вероятно, это свидетельствует о том, что цыплята опытной группы легче переносят вакцинацию и более успешно справляются с вирусной инфекцией, поскольку их пиковые значения экспрессии гена IL-7 значительно выше, чем в контроле. Так, Toll-подобные рецепторы у цыплят в опыте значительно быстрее индуцируют возникновение воспалительной реакции и выработку цитокинов в ответ на вакцинацию живой вакциной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований установлено, что однократное дозированное низкотемпературное

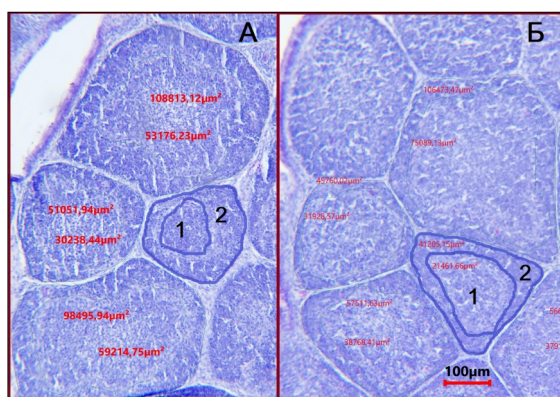


Рисунок 1. Гистологические срезы бursы 14-суточных цыплят-бройлеров: А – контрольная группа, Б – опытная группа. Строение фолликула бursы: 1 – мозговой слой, 2 – корковый слой. Ув. x10.

Figure 1. Histological sections of bursa of 14-day-old broiler chickens: A – control group, B – experimental group. The structure of the bursa follicle: 1 – the cerebral layer, 2 – the cortical layer. Magnification x10.

Таблица 1. Показатели развития бursы и профиля экспрессии генов иммунитета в бурсе 14-суточных цыплят-бройлеров (не менее 20 полей зрения на каждый образец)

Table 1. Indicators of bursa development and immune gene expression profile in bursa of 14-day-old broiler chickens (at least 20 fields of view for each sample)

Группа	Живая масса, г	Индекс бursы	Площадь фолликула, мкм ²	Доля мозгового вещества, %	Доля коркового вещества, %	Относительная экспрессия в бурсе генов	
						TLR7	IL7
Смешанная выборка (куры и петухи)							
Опыт n=10	453,0 ± 8,0	2,0 ^a ± 0,07	88446,0 ± 3307,0	61,0 ^a ± 0,8	39,0 ± 0,9	1,043 ± 0,028	0,00149 ^c ± 0,0002
Контроль n=10	444,0 ± 5,0	1,6 ^b ± 0,07	93424,0 ± 5002,0	55,0 ^b ± 1,1	45,0 ± 1,2	1,201 ± 0,086	0,00082 ^d ± 0,0001
Куры							
Опыт n=5	446,0 ± 9,0	1,9 ^a ± 0,06	84015,0 ± 3307,0	61,0 ^a ± 1,1	39,0 ± 1,0	0,936 ^c ± 0,004	0,00180 ^a ± 0,00006
Контроль n=5	446,0 ± 6,0	1,6 ^b ± 0,02	88435,0 ± 5002,0	55,0 ^b ± 1,3	45,0 ± 1,3	1,329 ^f ± 0,142	0,00069 ^b ± 0,00008

Различия статистически достоверны при a,b $p < 0,001$; c,d $p < 0,01$; e,f $p < 0,05$.

воздействие в чувствительный период раннего эмбриогенеза способствует лучшему развитию Фабрицевой сумки к 14-суточному возрасту (индекс бursы в опытной группе на 16 – 20% выше, чем в контроле). После прививки от ИББ живой лиофилизированной вакциной, у цыплят опытной группы наблюдается меньшее угнетение бursы, в отличие от контрольной, в которой на 6-й день после вакцинации наблюдается увеличение лимфоидных фолликулов, уменьшение в них медуллярной зоны и увеличение корковой.

Toll-подобные рецепторы у цыплят в опыте значительно быстрее индуцируют возникновение воспалительной реакции и выработку цитокинов в ответ на вакцинацию живой вакциной, о чем свидетельствует более высокий уровень пика экспрессии гена IL-7 (в 1,8 – 2,6 раза выше, $p < 0,001$) на 6-е сутки после вакцинации. Данный технологический прием может быть использован для повышения общей резистентности молодняка кур в критический период выращивания (первые 2 недели жизни).

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках темы Государственного задания №124020200029-4.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Amaz S.A., Poudel S., Pandey B.K., Burlakoti S., Jha R., Mishra B. Embryonic thermal manipulation improved early immunity in broiler chickens. *Front Physiol.* 2025;16:1670073. doi: 10.3389/fphys.2025
2. Liu Y., Xue G., Li S., Fu Y., Yin J., Zhang R., Li J. Effect of Intermittent and Mild Cold Stimulation on the Immune Function of Bursa in Broilers. *Animals (Basel)*. 2020;10(8):1275. doi: 10.3390/ani10081275
3. Федорова Е.С., Станишевская О.И. Низкотемпературное воздействие в раннем эмбриогенезе как метод повышения общей резистентности организма цыплят к инфекционным заболеваниям. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023;24(6): 1029-1037. doi :10.30766/2072-9081.2023.24.6.1029-1037
4. Ramasamy K.T.; Verma P.; Reddy M.R.; Murugesan S. Molecular characterization of coding sequence and mRNA expression pattern of toll-like receptor 15 in Japanese Quail (*Coturnix japonica*) and Indigenous Chicken Breeds (Aseel and Kadaknath). *J. Poult. Sci.* 2011;48:168–175.
5. Ebrahimi M.M., Shahsavandi S., Shayan P. TIR-TLR7 as a Molecular Adjuvant: Simultaneous Enhancing Humoral and Cell-Mediated Immune Responses Against Inactivated Infectious Bursal Disease Virus. *Viral Immunol.* 2019;32(6):252-257. doi: 10.1089/vim.2018.0158
6. Huo S., Zhang J., Fan J., Wang X., Wu F., Zuo Y., Zhong F. Co-Expression of Chicken IL-2 and IL-7 Enhances the Immunogenicity and Protective Efficacy of a VP2-Expressing DNA Vaccine against IBDV in Chickens. *Viruses*. 2019;11(5):476. doi: 10.3390/v11050476
7. Huo S., Wang L., Zhang Y., Zhang J., Zuo Y., Xu J., Cui D., Li X., Zhong F. Molecular cloning of chicken IL-7 and characterization of its antiviral activity against IBDV *in vivo*. *Poult Sci.* 2016 Nov 1;95(11):2647-2654. doi: 10.3382/ps/pew251
8. Фомина А.С. Морфофункциональные реакции иммунокомпетентных органов серебристой чайки при экспериментальном заражении цестодой *diphyllobothrium dendriticum* / автореф.дисс., М. 2011: 20с.
9. Zhang S, Zheng S. Host Combats IBDV Infection at Both Protein and RNA Levels. *Viruses*. 2022;14(10):2309. doi: 10.3390/v1410230
10. Xu Z.Y., Yu Y., Ou C.B., Zhang Y.H., Liu T.Y., Wang Q.X., Ma J.Y. Differential expression of pro-inflammatory and anti-inflammatory genes of layer chicken bursa after experimental infection with infectious bursal disease virus. *Poult Sci.* 2019;98(11):5307-5314. doi: 10.3382/ps/pez312

REFERENCES

1. Amaz S.A., Poudel S., Pandey B.K., Burlakoti S., Jha R., Mishra B. Embryonic thermal manipulation improved early immunity in broiler chickens. *Front Physiol.* 2025;16:1670073. doi: 10.3389/fphys.2025
2. Liu Y., Xue G., Li S., Fu Y., Yin J., Zhang R., Li J. Effect of Intermittent and Mild Cold Stimulation on the Immune Function of Bursa in Broilers. *Animals (Basel)*. 2020;10(8):1275. doi: 10.3390/ani10081275
3. Fedorova E.S., Stanishevskaya O.I. Low-temperature exposure during early embryogenesis as a method for increasing the general resistance of chickens to infectious diseases. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2023;24(6): 1029-1037. (in Russ) doi :10.30766/2072-9081.2023.24.6.1029-1037
4. Ramasamy K.T.; Verma P.; Reddy M.R.; Murugesan S. Molecular characterization of coding sequence and mRNA expression pattern of toll-like receptor 15 in Japanese Quail (*Coturnix japonica*) and Indigenous Chicken Breeds (Aseel and Kadaknath). *J. Poult. Sci.* 2011;48:168–175.
5. Ebrahimi M.M., Shahsavandi S., Shayan P. TIR-TLR7 as a Molecular Adjuvant: Simultaneous Enhancing Humoral and Cell-Mediated Immune Responses Against Inactivated Infectious Bursal Disease Virus. *Viral Immunol.* 2019;32(6):252-257. doi: 10.1089/vim.2018.0158
6. Huo S., Zhang J., Fan J., Wang X., Wu F., Zuo Y., Zhong F. Co-Expression of Chicken IL-2 and IL-7 Enhances the Immunogenicity and Protective Efficacy of a VP2-Expressing DNA Vaccine against IBDV in Chickens. *Viruses*. 2019;11(5):476. doi: 10.3390/v11050476
7. Huo S., Wang L., Zhang Y., Zhang J., Zuo Y., Xu J., Cui D., Li X., Zhong F. Molecular cloning of chicken IL-7 and characterization of its antiviral activity against IBDV *in vivo*. *Poult Sci.* 2016 Nov 1;95(11):2647-2654. doi: 10.3382/ps/pew251
8. Fomina A.S. Morphofunctional reactions of immunocompetent organs of herring gulls during experimental

- infection with the cestode diphylobothrium dendriticum / author's abstract. diss., Moscow: 2011: 20 p. (in Russ)
9. Zhang S, Zheng S. Host Combats IBDV Infection at Both Protein and RNA Levels. *Viruses*. 2022;14(10):2309. doi: 10.3390/v1410230
10. Xu Z.Y., Yu Y., Liu Y., Ou C.B., Zhang Y.H., Liu T.Y., Wang Q.X., Ma J.Y. Differential expression of pro-inflammatory and anti-inflammatory genes of layer chicken bursa after experimental infection with infectious bursal disease virus. *Poult Sci*. 2019;98(11):5307-5314. doi: 10.3382/ps/pez312

Поступила в редакцию / Received: 24.02.2026

Поступила после рецензирования / Revised: 18.06.2026

Принята к публикации / Accepted: 30.06.2026