

Эффективность применения *in ovo* декстрина и L-карнитина при тепловом стрессе в инкубационном периоде на показатели эмбрионального развития и рост цыплят-бройлеров

© 2024. А. М. Долгорукова¹✉, М. С. Тишенкова¹, И. М. Гупало²

¹ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук, г. Сергиев Посад, Российская Федерация

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела», г. Пушкино, Московская область, Российская Федерация

*Ситуации перегрева эмбрионов современных мясных кроссов кур часто встречаются, и поиск путей коррекции метаболизма в случае несоответствия потребностей эмбрионов технологическим условиям инкубации является актуальной задачей. Цель исследований – изучение совместного влияния декстрина (как источника глюкозы) и L-карнитина, инъецированных в выводной период в инкубационное яйцо при тепловом стрессе, на инкубационные показатели и раннюю скорость роста цыплят. Исследования проводили в 2020 г. на инкубационных яйцах, эмбрионах и цыплятах финального гибрида кросса Кобб 500. Сформировано по три группы яиц (n = 62) для каждого температурного режима инкубации: без инъекций; введение физраствора; инъекция растворами декстрина (10%-й) и L-карнитина (0,6%-й). Физиологический раствор, раствор декстрина и L-карнитина вводили в яйцо на 17-е сутки инкубации, затем инкубацию продолжали в выводных шкафах при нормальной (37,2 °C) и повышенной (38,5–39,0 °C) температурах. Повышенная температура инкубации в выводной период снизила в среднем по группам выводимость яиц на 6,1 % и относительную массу цыплят на 0,96 %. Инъекция *in ovo* смеси декстрина и L-карнитина позволила повысить выводимость яиц на 1,6–3,2 %, инкубированных при повышенной и нормальной температуре в выводной период соответственно. Живая масса суточных цыплят, инъецированных *in ovo* раствором декстрина и L-карнитина при нормальном температурном режиме, была статистически значимо выше по сравнению с контрольными группами на 1,3–2,3 % (p<0,05). Неонатальная скорость роста была выше у цыплят, которым в эмбриональном периоде вводили раствор декстрина и L-карнитина как при нормальном, так и повышенном температурных режимах – живая масса цыплят опытных групп в 7-дневном возрасте была выше на 5,9 и 5,1 % по сравнению с контрольными группами соответствующего режима (p<0,05); а у цыплят, выведенных при повышенной температуре, различия сохранялись и в 35-дневном возрасте – 5,7 % (p<0,05). Наблюдали биохимические различия показателей крови эмбрионов контрольных и опытных групп, свидетельствующие об усвоении экзогенных питательных и биологически-активных веществ эмбрионом. Так, в плазме крови 17-суточных эмбрионов, инъецированных *in ovo* раствором декстрина и L-карнитина, статистически значимо повышались уровни глюкозы на 1,6–1,7 % (p<0,001) и триглицеридов на 46,2 % (p<0,05). Таким образом, при инъецировании в инкубируемое яйцо в выводном периоде смеси растворов декстрина и карнитина увеличивалась неонатальная скорость роста цыплят как при нормальном температурном режиме, так и в условиях теплового стресса в выводной период инкубации. Существенного увеличения выводимости цыплят после инъекций изучаемых веществ при тепловом стрессе в выводном периоде инкубации не наблюдали.*

Ключевые слова: эмбрионы, инкубация, перегрев, бройлеры, рост, биохимические показатели крови

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук (тема № 12101300013-3).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Долгорукова А. М., Тишенкова М. С., Гупало И. М. Эффективность применения *in ovo* декстрина и L-карнитина при тепловом стрессе в инкубационном периоде на показатели эмбрионального развития и рост цыплят-бройлеров. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(6):1163–1170.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1163-1170>

Поступила: 07.08.2024 Принята к публикации: 12.12.2024 Опубликована онлайн: 25.12.2024

The effect of the *in ovo* injections of dextrin and L-carnitine in conditions of thermal stress during the incubation period on the embryonic development and growth of broiler chickens

© 2024. Anna M. Dolgorukova✉, Maria S. Tishenkova¹, Irina M. Gupalo²

¹Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Poultry Institute" of Russian Academy of Sciences, Sergiev Posad, Russian Federation,

²All-Russian Research Institute of Animal Breeding, Pushkino, Moscow oblast, Russian Federation

The embryonic thermal stress due to the overheating is a common problem of the incubation of broiler eggs and hence the search for the methods of metabolic corrections of the related shifts in the embryonic development can be practically actual task. The aim of the research was to study the effect of the in ovo injections of heat stressed chicken embryos with the combination of dextrin (as glucose source) and L-carnitine on the efficiency of incubation and early postnatal growth rate. The study was performed in 2020 on incubated eggs, embryos and chicken of Cobb-500 final hybrid cross. Three groups of eggs (n = 62) were formed for each temperature regime of incubation: without injections, physiological saline injection, injections with the solutions of dextrin (10%) and L-carnitine (0.6%). The eggs were injected with physiological saline, the solutions of dextrin and L-carnitine at the 17th day of incubation. Then the incubation was carried out in hatchers at normal temperature (37.2 °C) and increased temperature (38.5–39.0 °C). The increased temperature during hatching period on average among the groups decreased the hatchability of eggs by 6.1 % and relative weight of chicken by 0.96 %. The injection in ovo with the mixture of dextrin and L-carnitine 1.6–3.2 % increased the hatchability of eggs incubated at increased and normal temperature, respectively. The live weight of day-old chicks injected in ovo with the solution of dextrin and L-carnitine at normal temperature was significantly higher by 1.3–2.3 % (p<0.05) as compared with control groups. Neonatal growth rate was higher in chicken injected in embryonic period with dextrin and L-carnitine both at normal and increased temperature – live weight of 7-day chicken of the experimental groups was 5.9 u 5.1 % higher (p<0.05) compared with the control groups of the same temperature regime. In chicken incubated at increased temperature the differences remained to 35 days of age and were 5.7 % (p<0.05). Biochemical variations were noted in blood parameters of embryos of the control and experimental groups that proved the absorption of exogene nutrients and biologically active substances by the embryo. Thus, in blood plasma of 17-day embryos injected in ovo with the solution of dextrin and L-carnitine the concentrations of glucose significantly increased by 1.6–1.7 % (p<0.001) and triglycerides by 46.2 % (p<0.05). So, by injecting the incubated eggs during hatching period with the solution of dextrin and L-carnitine, the neonatal growth rate of chicken raised at normal and increased temperature and during heat stress as well. No significant effect of the injection on the hatchability of eggs in conditions of thermal stress in the hatching period was found.

Keywords: embryos, incubation, overheating, broilers, growth, blood biochemical parameters

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Poultry Institute" of Russian Academy of Sciences, (theme No. 12101300013-3.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citations: Dolgorukova A. M., Tishenkova M. S., Gupalo I. M. The effect of the *in ovo* injections of dextrin and L-carnitine in conditions of thermal stress during the incubation period on the embryonic development and growth of broiler chickens. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(6):1163–1170. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1163–1170>

Received: 07.08.2024

Accepted for publication: 12.12.2024

Published online: 25.12.2024

Интенсивная генетическая селекция кур по экономически важным продуктивным показателям, проводимая в двух противоположных направлениях – на повышение скорости роста и интенсивности яйценоскости – привела к значительным различиям в механизмах роста и развития птиц не только в постнатальном периоде, но и эмбриональном [1]. При анализе данных изменения скорости роста бройлеров в период с 1957 по 2005 год обнаружили, что этот показатель за 5–6 недель жизни увеличился примерно на 400 %. То есть, современные бройлеры достигают «товарного веса» за меньшее время, потребляя меньше корма на единицу прироста массы тела [2, 3]. Современные

кроссы птицы мясного направления продуктивности имеют многочисленные метаболические нарушения, обусловленные высокой скоростью роста. Так, наблюдаются нарушения липидного обмена – значительное увеличение отложения абдоминального жира, жировая дистрофия печени, приводящая к нарушению ее функций [4]. Как показали проведенные ранее исследования, эти изменения возникали уже во время эмбриогенеза – в теле и печени эмбрионов от птицы с высокой скоростью роста откладывалось больше липидов, снижалась жизнеспособность птицы в эмбриональный и постнатальный периоды [5]. Во время эмбриогенеза птиц основным источником энергии

являются липиды яичного желтка [6]. Для получения энергии из липидов необходим процесс бета-окисления жирных кислот, протекающий в матриксе митохондрий. Транспортировку жирных кислот через митохондриальную мембрану осуществляет L-карнитин, синтез которого, по мнению некоторых исследователей, ограничен в период эмбрионального развития кур [7]. В наших предыдущих исследованиях его введение в инкубируемое яйцо мясных кур привело к повышению выводимости [8, 9].

Еще одной особенностью эмбрионального развития мясных кур является повышенная выработка метаболического тепла [10]. Поэтому несоответствие особенностей метаболизма эмбрионов и режима инкубации может спровоцировать ситуацию, когда эмбрионы подвергаются перегреву со всеми вытекающими негативными последствиями: плохая выводимость вследствие гибели эмбрионов перед вылуплением; низкая активность и жизнеспособность суточных цыплят; низкая скорость роста. Для нивелирования отрицательных последствий воздействия теплового стресса важно поддерживать организм наличием доступной энергии и нейтрализовать свободные радикалы. В работе [11] показано, что L-карнитин обладает также антиоксидантными свойствами: применение его в условиях стресса приводило к существенному снижению образования свободных радикалов в митохондриях клеток. Механизм антиоксидантных свойств L-карнитина может быть обусловлен изменением экспрессии генов, что было показано на сельскохозяйственных животных. Вероятно, при тепловом стрессе важное значение имеет супрессивное действие L-карнитина на гены, участвующие в апоптозе [8, 12].

В труде [13] показано, что в условиях температурного стресса эмбрионы испытывают повышенную потребность в глюкозе. Однако, запасы глюкозы в яйце крайне ограничены, и во время процесса вылупления цыпленка критически истощаются. В условиях гипоксии выводного периода источником энергии не могут выступать жирные кислоты, поэтому нехватка глюкозы в это время может привести к гибели эмбрионов [14].

Цель исследований – изучить влияние совместно вводимых декстрина (как источника глюкозы) и L-карнитина в выводной период в инкубационное яйцо при тепловом стрессе на инкубационные показатели и постнатальную скорость роста цыплят.

Научная новизна – впервые исследовано совместное влияние декстрина как источника экзогенной глюкозы и L-карнитина как биологически активного вещества в условиях температурного стресса на показатели эмбрионального развития цыплят-бройлеров кросса Кобб-500.

Материал и методы. Исследования проводили в 2020 г. на эмбрионах бройлеров кур кросса Кобб 500. Возраст кур родительского стада бройлеров, от которых отбирали инкубационное яйцо, составлял 280 дней. Первые 17 суток яйца инкубировали при стабильном температурно-влажностном режиме, согласно методическим рекомендациям¹. На 17-е сутки инкубации из яиц с живыми эмбрионами было сформировано 6 групп (n = 62 в каждой). В выводном периоде первые три группы инкубировали по стандартному режиму, остальные – при повышенной температуре (38,5–39,0 °С). При каждом температурном режиме по введению экзогенных веществ сформировали группы: 1 и 4 – контрольные – без инъекций; 2 и 5 – вводили стерильный физиологический раствор; 3 и 6 – инъецировали 10%-й раствор декстрина и 0,6%-й раствор L-карнитина (ДК – раствор декстрина и карнитина). Приготовление раствора декстрина производилось по ГОСТ 10163-76². Инъекции проводили в экстраэмбриональную жидкость путем прокалывания скорлупы и подскорлупных оболочек со стороны воздушной камеры на 17-е сутки инкубации. Для проведения биохимических анализов у эмбрионов брали кровь из сонной артерии – через час и 48 часов после проведения инъекций (n = 10). У цыплят кровь брали путем декапитации через два часа после вылупления n = 10). Анализы проводили на фотоэлектрокалориметре КФК-3, использовали наборы фирмы «Vital Development» для определения общего белка, глюкозы, лактата, холестерина профилей в плазме крови.

Схема опыта представлена в таблице 1.

¹Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы: методические рекомендации. Под общ. ред. В. И. Фисинина. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2008, 119 с.

²ГОСТ 10163-76. Реактивы. Крахмал растворимый. Технические условия. М.: ИПК изд-во стандартов, 2002, 7 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294840/4294840467.pdf>

Таблица 1 – Схема опыта /
Table 1 – The scheme of the experiment

№ группы / Group number	Условия проведения опыта / The conditions of the experiment
<i>Температура инкубации 37,2 °С / Incubation temperature 37.2 °С</i>	
1. Контроль / Control	Интактные / Intact
2.	Иньекция физиологического раствора / Injection with the normal saline
3.	Иньекция раствора: декстрин 50 мг + карнитин 3 мг (ДК) / Injection with solution of dextrin (50 µg) + carnitin (3 µg) (DC)
<i>Температура инкубации 38,5–39,0 °С / Incubation temperature 38.5–39.0 °С</i>	
4. Контроль / Control	Интактные / Intact
5.	Иньекция физиологического раствора / Injection with the normal saline
6.	Иньекция раствора: декстрин 50 мг + карнитин 3 мг (ДК) / Injection with solution of dextrin (50 µg) + carnitin (3 µg) (DC)

*Примечание: общий объем растворов составил 0,53 мл /
Note: Injection volume for all treatments was 0.53 mL

По 30 голов цыплят из каждой группы были посажены на выращивание, содержание птицы клеточное, кормление вволю в соответствии с рекомендациями ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела» (ВНИТИП)³.

Полученные в экспериментах цифровые данные обработаны методом вариационной статистики согласно t-критерию Стьюдента⁴ представлены в таблицах в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое, m – ошибка средней арифметической. Достоверными считали различия при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. В таблице 2 представлены данные по результатам инкубации яиц, подвергнутых инъекции

раствором декстрина и L-карнитина (ДК) на 17 сутки инкубации.

Повышенная температура инкубации в выводной период оказала негативное воздействие на выводимость яиц – снизилась в среднем по группам на 6,1 %. В группе эмбрионов, инкубировавшихся при нормальной температуре, инъекция смеси ДК позволила повысить выводимость на 3,2 %, а в группе яиц, инкубировавшихся при повышенной температуре – лишь на 1,6 %. Вероятно, добавление экзогенных источников глюкозы и биологически активного карнитина не смогло нивелировать причины повышенной гибели эмбрионов при температурном стрессе.

Таблица 2 – Влияние декстрина и L-карнитина на результаты инкубации яиц /
Table 2 – The effect of dextrin and L-carnitine on egg incubation results

Показатель / Parameter	37 °С			38,5–39,0 °С		
	контроль / control	физ. раствор / normal saline	ДК / DC	контроль / control	физ. раствор / normal saline	ДК / DC
Выводимость, % к заложенным живым эмбрионам / Hatchability, % to number of live embryos set	88,7	88,7	91,9	82,3	85,0	83,9
Масса яиц, г / Egg weight, g	62,61±0,20	62,68±0,20	62,39±0,21	62,51±0,21	62,39±0,22	62,45±0,21
Масса суточных цыплят, г / Weight of day-old chicks, g	43,43±0,23 ^a	43,39±0,22 ^a	44,16±0,26 ^b	42,78±0,29	43,00±0,30	43,27±0,24
Масса суточных цыплят, % к массе яйца / Weight of day-old chicks, % to egg weight	69,37	69,23	70,92	68,43	68,93	69,29

Примечания: ДК – декстрин 50 мг + карнитин 3 мг; здесь и далее ^{a,b,c} – различия достоверны между группами при отсутствии одинаковых букв в верхнем индексе, $p < 0,05$ /

Notes: DC – dextrin (50 µg) + carnitin (3 µg); the absence of common superscripts in the figures within the rows herein-after indicates the significance of the differences between the treatments, $p < 0.05$.

³Методическое руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы. Под общ. ред. В. И. Фисинина, И. А. Егорова. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2015, 199 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24138400>

⁴Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 292 с.

Живая масса цыплят в 3-й группе, получавших в эмбриональный период развития раствор декстрина и карнитина, была выше на 1,3–2,3 % по сравнению с контрольными 1 и 4 ($p < 0,05$), что также согласуется как с нашими предыдущими исследованиями, так и с работами других ученых [8, 9, 13]. Необходимо отметить, что такое повышение живой массы суточных цыплят имело место только при инкубации в условиях нормальной температуры; добавление экзогенных растворов декстрина и карнитина не повлияло на данный показатель при тепловом стрессе. Повышенная температура оказала негативное влияние и на относительную массу цыплят (выраженную в про-

центах по отношению к массе яиц до инкубации): в среднем по группам была ниже на 0,96 %. Инъекции смеси декстрина и карнитина повысили этот показатель на 1,55 % у цыплят, инкубированных при нормальной температуре, и на 0,86 % – при повышенной температуре по сравнению с соответствующими контрольными группами. Аналогичное действие на данный показатель оказало применение только L-карнитина при тепловом стрессе, полученное в наших предыдущих исследованиях [8].

В таблице 3 представлены данные по выращиванию цыплят по группам до 35-дневного возраста, без учета половой принадлежности цыплят.

Таблица 3 – Влияние декстрина и L-карнитина на возрастную динамику живой массы тела выращиваемых цыплят, г /

Table 3 – The effect of dextrin and L-carnitine on the age dynamics of live bodyweight (g) in reared chicks

Показатель / Parameter	37 °C			38,5–39,0 °C		
	контроль / control	физ. раствор / normal saline	ДК / DC	контроль / control	физ. раствор / normal saline	ДК / DC
Масса суточных цыплят / LBW of day-old chicks	43,47±0,15 ^a	43,34±0,15 ^a	44,03±0,18 ^b	43,03±0,24	43,16±0,19	43,49±0,21
Масса цыплят в 7-дневном возрасте / LBW at 7 days of age	179,8±3,34 ^a	183,0±4,20 ^{ab}	190,4±4,01 ^b	180,5±3,39 ^a	179,6±5,31 ^{ab}	189,8±2,81 ^b
Масса цыплят в 35-дневном возрасте / LBW at 35 days of age	1844,2±42,9	1839,8±35,5	1864,1±30,2	1705,3±27,4 ^a	1718,5±35,1 ^{ab}	1802,1±40,0 ^b

Скорость роста цыплят, инкубированных при нормальном температурном режиме, была выше в группе, инъецированной раствором декстрина и карнитина в эмбриональном периоде: живая масса цыплят 3-й группы в 7-дневном возрасте была выше 5,9 % по сравнению с цыплятами первой контрольной группы ($p < 0,05$). В период с 7-дневного по 35-дневный возраст выращивания скорость роста цыплят, выведенных при нормальной температуре, выравнивалась и не зависела от воздействия инъекций *in ovo* раствора декстрина и L-карнитина. В противоположность этому, скорость роста цыплят, выводившихся в условиях повышенной температуры, увеличивалась в группе, инъецированной *in ovo* раствором ДК. Как в 7-дневном, так и в 35-дневном возрасте живая масса цыплят была достоверно выше ($p < 0,05$) в 6-й группе (получавших смесь ДК) по сравнению с 4-й (интактный контроль) на 5,1–5,7 % соответственно. Аналогичную тенденцию наблюдали и в группах цыплят, инкубированных при нормальном температурном режиме. Полученные результаты согласуются с нашими предыдущими исследова-

ниями, в которых было показано, что скорость роста увеличивалась при воздействии L-карнитином при любом режиме инкубации [5, 8].

Биохимические показатели крови цыплят анализировали только в группах 1, 3, 4, 6: 1 и 3 инкубировали при нормальном режиме инкубации; 4 и 6 – при повышенном режиме; 1 и 4 – интактный контроль; группы 3 и 6 получали раствор карнитина и декстрина в эмбриональный период. В таблице 4 даны биохимические показатели в плазме крови цыплят на выводе.

Как видно из представленных в таблице 4 данных, в крови 17-суточных эмбрионов через час после инъекции раствора декстрина и карнитина статистически значимо ($p < 0,001$) повышался уровень глюкозы как в группах, инкубированных при нормальной температуре, так и при повышенной температуре. Аналогичную картину наблюдали и в крови 19-суточных эмбрионов. Эмбрионы, получившие *in ovo* раствор ДК, имели уровень глюкозы в крови выше, различия были статистически значимы при $p < 0,05$ и $p < 0,001$ для групп, инкубированных при нормальной и повышенной температурах соответственно.

Таблица 4 – Влияние декстрина и L-карнитина на динамику биохимических показателей крови эмбрионов и цыплят/

Table 4 – The effect of dextrin and L-carnitine on the dynamics of certain biochemical blood parameters in embryos and hatched chicks

Показатель / Parameter	37 °C		38,5–39,0 °C	
	Контроль / Control	ДК / DC	Контроль / Control	ДК / DC
Общий белок, г/л / Total protein, g/L:				
Эмбрионы 17 суток / Embryos at day 17	26,14±0,97	25,72±0,65	25,91±1,11	25,27±1,26
Эмбрионы 19 суток / Embryos at day 19	25,24±1,08	25,64±1,49	24,26±0,96	25,81±0,87
Цыплята, вывод / Chicks at hatch	34,24±0,88	34,73±1,25	36,10±0,84	35,21±0,91
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mM/L:				
Эмбрионы 17 суток / Embryos at day 17	6,04±0,34 ^a	7,61±0,29 ^b	6,31±0,31 ^a	7,99±0,48 ^b
Эмбрионы 19 суток / Embryos at day 19	10,76±0,54 ^a	12,53±0,46 ^b	10,23±0,39 ^a	12,28±0,46 ^b
Цыплята, вывод / Chicks at hatch	10,83±0,38	11,00±0,68	10,06±0,55	10,42±0,51
Лактат, ммоль/л / Lactate, mM/L:				
Эмбрионы 17 суток / Embryos at day 17	1,86±0,17	2,12±0,37	2,21±0,21	2,13±0,16
Эмбрионы 19 суток / Embryos at day 19	1,24±0,16	1,63±0,17	1,09±0,12	1,18±0,13
Цыплята, вывод / Chicks at hatch	2,36±0,21	2,61±0,23	3,02±0,09	3,16±0,16
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mM/L:				
Эмбрионы 17 суток / Embryos at day 17	7,32±0,81	6,85±0,63	7,06±0,51	6,65±0,62
Эмбрионы 19 суток / Embryos at day 19	7,45±0,52	6,26±0,37	6,29±0,67	5,99±0,31
Цыплята, вывод / Chicks at hatch	11,13±0,55	11,48±0,46	11,71±1,10	11,09±0,65
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mM/L:				
Эмбрионы 17 суток / Embryos at day 17	1,45±0,18 ^a	2,12±0,25 ^b	1,33±0,31	2,02±0,48
Эмбрионы 19 суток / Embryos at day 19	1,42±0,18	1,55±0,32	1,24±0,14	1,36±0,17
Цыплята, вывод / Chicks at hatch	0,89±0,27	0,74±0,12	0,88±0,15	0,82±0,09
Холестерин низкой плотности, ммоль/л / Low density cholesterol, mM/L:				
Эмбрионы 17 суток / Embryos at day 17	-	-	-	-
Эмбрионы 19 суток / Embryos at day 19	4,96±0,28	3,95±0,48	4,25±0,51	3,93±0,30
Цыплята, вывод / Chicks at hatch	7,60±0,82	8,03±0,50	8,10±0,91	7,53±0,59
Холестерин высокой плотности, ммоль/л / High density cholesterol, mM/L:				
Эмбрионы 17 суток / Embryos at day 17	-	-	-	-
Эмбрионы 19 суток / Embryos at day 19	1,84±0,43	1,61±0,19	1,48±0,17	1,44±0,12
Цыплята, вывод / Chicks at hatch	3,13±0,41	3,11±0,24	3,21±0,42	3,19±0,21

В целом можно отметить значительное повышение уровня глюкозы в крови в период с 17 по 19 сутки эмбриогенеза, что связано, видимо, с проклевом внутренней подскорлупной оболочки эмбрионом, снижением уровня гипоксии и активизацией процессов глюко-неогенеза, что также было показано в предыдущих исследованиях [5, 15]. Для эмбрионов, подвергшихся инъекции *in ovo*, также было характерно и повышение уровня триглицеридов в крови, что может свидетельствовать об усилении транспорта липидов желтка [16]. Так, концентрация триглицеридов в крови эмбрионов, инкубированных при нормальной температуре, через час после инъекции *in ovo* раствора декстрина и L-карнитина повышалась, различия были статистически значимы при $p < 0,05$. Похожую тенденцию наблюдали и

у эмбрионов, инкубированных при повышенной температуре. Через сутки после инъекции различия сглаживались. По уровню лактата, общего белка, общего холестерина и различных его фракций, статистически значимых различий не наблюдали. Таким образом, по характеру изменений в биохимических параметров в крови можно заключить, что эмбрионы могут успешно использовать декстрин в качестве источника глюкозы в период гипоксии, возникающей в выводной период инкубации и усиливающейся при повышенных температурах инкубатора, а L-карнитин, по-видимому, способствует усилению транспорта триглицеридов из желточного мешка.

Выводы. По полученным в настоящем исследовании результатам можно сделать следующие выводы:

1. Повышенная температура инкубации в выводной период оказала негативное воздействие на выводимость яиц – была ниже в среднем по группам на 6,1 %, относительная масса цыплят – ниже в среднем по группам на 0,96 %.

2. Инъекция *in ovo* смеси декстрина и L-карнитина позволила повысить выводимость яиц на 1,6–3,2 %, инкубировавшихся при повышенной и нормальной температуре в выводной период соответственно.

3. Живая масса суточных цыплят, инъецированных *in ovo* раствором декстрина и L-карнитина при нормальном температурном режиме, была статистически значимо выше по сравнению с контрольными группами – на 1,3–2,3 % ($p < 0,05$).

4. Неонатальная скорость роста была выше у цыплят, которым в эмбриональном периоде вводили раствор декстрина и L-карнитина как при нормальном, так и при повышенном температурных режимах – живая масса цыплят опытных групп в 7-дневном возрасте была выше на 5,9 и 5,1 % по сравнению с контрольными соответствующего режима ($p < 0,05$); а у цыплят, выведенных при повышенной температуре, различия сохранялись и в 35-дневном возрасте – 5,7 % ($p < 0,05$).

5. В плазме крови 17-суточных эмбрионов, инъецированных *in ovo* раствором декстрина и L-карнитина статистически значимо повышались уровни глюкозы на 1,6–1,7 % ($p < 0,001$) и триглицеридов – на 46,2 % ($p < 0,05$), что свидетельствует о способности эмбрионов использовать экзогенные источники глюкозы и L-карнитина.

Таким образом, можно заключить, что инъекции эмбрионам смеси экзогенных декстрина и L-карнитина в выводной период инкубации оказали положительное влияние на показатели неонатального роста цыплят как при нормальной температуре, так и в условиях теплового стресса и не повлияли существенно на выживаемость эмбрионов при перегреве. Тем не менее, повышение в крови эмбрионов уровня глюкозы и триглицеридов свидетельствует о доступности эмбрионам экзогенных источников энергии. Дальнейшее изучение особенностей биохимии эмбрионального развития и их взаимосвязи с практически значимыми инкубационными показателями, такими как выводимость, позволит разрабатывать новые пути коррекции эмбрионального развития современных высокопродуктивных кроссов, а также адаптировать технологические аспекты их инкубации.

References

1. Buzala M., Janicki B., Czarnecki R. Consequences of different growth rates in broiler breeder and layer hens on embryogenesis, metabolism and metabolic rate: A review. *Poultry Science*. 2015;94(4):728–733. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pev015>
2. Druyan S. The effects of genetic line (broilers vs. layers) on embryo development. *Poultry Science*. 2010;89(7):1457–1467. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00304>
3. Zuidhof M. J., Schneider B. L., Carney V. L., Korver D. R., Robinson F. E. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. *Poultry Science*. 2014;93(12):2970–2982. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2014-04291>
4. Журавлев И. В., Долгорукова А. М., Саламатин А. В., Фисинин В. И. Некоторые особенности метаболизма аминокислот и липидов при развитии эмбрионов мясных кур в яйцах с разной величиной массы желтка. *Онтогенез*. 2005;36(1):3–8. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9149033> EDN: HSFKSV
5. Zhuravlev I. V., Dolgorukova A. M., Salamatin A. V., Fisinin V. I. Some features of amino acid and lipid metabolism in embryos of meat-type fowl with different yolk weight. *Ontogenez*. 2005;36(1):3–8. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9149033>
6. Долгорукова А. М., Зотов А. А., Гупало И. М., Мелехина Т. А., Михалева М. С., Рузакова Е. В. Совместное влияние углеводов и L-карнитина на эмбриональное развитие и постнатальную скорость роста цыплят-бройлеров. *Птицеводство*. 2019;(11-12):63–67. DOI: <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-11-12-63-67> EDN: PKTVBA
7. Dolgorukova A. M., Zotov A. A., Gupalo I. M., Melekhina T. A., Mikhaleva M. S., Ruzakova E. V. The effects of combined *in ovo* injections of carbohydrates and L-carnitine on the embryonic development and posthatch growth rate in broiler chicks. *Pitisevodstvo*. 2019;(11-12):63–67. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-11-12-63-67>
8. Moran E. T. Nutrition of the Developing Embryo and Hatchling. *Poultry Science*. 2007;86(5):1043–1049. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/86.5.1043>
9. Golzar Adabi Sh., Cooper R. G., Ceylan N., Corduk M. L-carnitine and its functional effects in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*. 2011;67(2):277–296. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933911000304>

8. Долгорукова А. М. Эффективность применения L-карнитина при тепловом стрессе в выводном периоде инкубации. Новое в технике и технологии переработки птицы и яиц: сб. научн. тр. Под ред. В. В. Гущина. Ржавки, 2017. Вып. 46. С. 115–121. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32602931> EDN: VYTTNB

Dolgorukova A. M. The effectiveness of the use of L-carnitine in thermal stress during the incubation period. New in the technique and technology of poultry and egg processing: collection of scientific articles. *Pod red. V. V. Gushchina. Rzhavki*, 2017. Iss. 46. pp. 115–121. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32602931>

9. Долгорукова А. М. Влияние экзогенного карнитина на жизнеспособность эмбрионов и рост цыплят. Птицеводство. 2017;(1):22–25. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28150454> EDN: XSAKVR

Dolgorukova A. M. The influence of exogenous carnitine on livability of chicken embryos and subsequent growth of chicks. *Ptitsevodstvo*. 2017;(1):22–25. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28150454>

10. Tong Q., Romanini C. E., Exadaktylos V., Bahr C., Berckmans D., Etteradossi N., et al. Embryonic development and the physiological factors that coordinate hatching in domestic chickens. *Poultry Science*. 2013;92(3):620–628. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02509>

11. Cital M., Gunes V., Atakisi O., Ozcan A., Tuzcu M., Dogan A. Protective effect of L-carnitine against oxidative damage caused by experimental chronic aflatoxicosis in quail (*Coturnix coturnix*). *Acta Veterinaria Hungarica*. 2005;53(3):319–324. DOI: <https://doi.org/10.1556/avet.53.2005.3.5>

12. Surai P. F. Antioxidant Action of Carnitine: Molecular Mechanisms and Practical Applications. *EC Veterinary Science*. 2015;2:66–84. URL: https://www.feedfood.co.uk/download/Carnitine_2015.pdf

13. Molenaar R., Van den Borne J. J. G. C., Hazejager E., Kristensen N. B., Heetkamp M. J. W. 2013. High environmental temperature increases glucose requirement in the developing chicken embryo. *PLoS One*. 2013;8(4): e59637. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059637>

14. Lu J. W., Mc Murtry J. P., Coon C. N. Developmental changes of plasma insulin, glucagon, insulin-like growth factors, thyroid hormones, and glucose concentrations in chick embryos and hatched chicks. *Poultry Science*. 2007;86(4):673–683. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/86.4.673>

15. De Oliveira J. I., Uni Z., Ferket P. R. Important metabolic pathways in poultry embryos prior to hatch. *World's Poultry Science Journal*. 2008;64(4):488–499. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933908000160>

16. Speake B. K., Murphy A. M. B., Noble R. C. Transport and transformation of yolk lipids during development of the avian embryo. *Progress in Lipid Research*. 1998;37(1):1–32. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0163-7827\(97\)00012-X](https://doi.org/10.1016/S0163-7827(97)00012-X)

Сведения об авторах

✉ Долгорукова Анна Михайловна, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник, зав. отделом инкубации, ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук, ул. Птицеградская, д.10, г. Сергиев Посад, Российская Федерация, 141311, e-mail: vnitip@vnitip.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9958-8777>, e-mail: anna.dolg@mail.ru

Тишенкова Мария Сергеевна, младший научный сотрудник отдела инкубации, ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук, ул. Птицеградская, д. 10, г. Сергиев Посад, 141311, Российская Федерация, e-mail: vnitip@vnitip.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2911-5640>

Гупало Ирина Михайловна, ведущий научный сотрудник отдела селекции, разведения свиней и информационного обеспечения племенного свиноводства, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела», ул. Ленина, д. 13, пос. Лесные Поляны, г. Пушкино, Российская Федерация, 141212, e-mail: vniplem@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3728-7639>

Information about the authors

✉ Anna M. Dolgorukova, PhD in Biological Science, leading researcher, Head of the Incubation Department, Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Poultry Institute" of Russian Academy of Sciences, 10 Ptitsegradskaya str., Sergiev Posad, Russian Federation, 141311, e-mail: vnitip@vnitip.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9958-8777>, e-mail: anna.dolg@mail.ru

Maria S. Tishenkova, junior researcher, the Incubation Department, Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Poultry Institute" of Russian Academy of Sciences, 10 Ptitsegradskaya str., Sergiev Posad, Russian Federation, 141311, e-mail: vnitip@vnitip.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2911-5640>

Irina M. Gupalo, leading researcher, the Department of Breeding, Pig Raising and Information Support for Stud Swine Breeding, All-Russian Research Institute of Animal Breeding, Lenin St., 13, village Lesnye Polyany, Pushkino, Russian Federation, 141212, e-mail: vniplem@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3728-7639>

✉ – Для контактов / Corresponding author