



DOI 10.22363/2312-797X-2022-17-1-112-123

УДК 591.3:598.2

Научная статья / Research article

Особенности развития висцеральных органов у эмбрионов кур яичного кросса «Ломанн Браун» при красном и зеленом монохроматическом светодиодном освещении

М.И. Челнокова  , А.А. Челноков 

Великолукская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Великие Луки, Российская Федерация
 marinachelnokova@yandex.ru

Аннотация. Получены новые данные об особенностях развития висцеральных органов у эмбрионов кур яичного кросса «Ломанн Браун» при красном и зеленом монохроматическом светодиодном освещении. Изучено влияние двух непрерывных светодиодных режимов освещения: экспериментальные режимы — красный и зеленый свет, контроль — темнота. С помощью морфометрических методов проведена оценка абсолютных величин весовых размеров и удельной скорости роста (по формуле Шмальгаузена — Броди) сердца, мышечного желудка, печени куриных эмбрионов. В исследованиях было доказано, что красное и зеленое светодиодное освещение оказывает стимулирующее влияние на эмбриональное развитие висцеральных органов (сердце, мышечный желудок, печень) яичного кросса «Ломанн Браун» в сравнении с контролем (темнота). При красной и зеленой светодиодной стимуляциях куриные эмбрионы преобладали в массе сердца с 14-х по 20-е сутки эмбриогенеза. Мышечный желудок и печень куриных эмбрионов интенсивнее развивались при красном освещении на 18-е и 20-е сутки, а при зеленом аналогичное воздействие на мышечный желудок отмечалось на 19-е и 20-е сутки, на печень — на 20-е сутки. Установлено, что в раннем онтогенезе кур кросса «Ломанн Браун» отмечается несколько критических этапов (фаз), выпадающих на различные сутки развития и характеризующие особенности ритмичности процессов роста висцеральных органов в эмбриогенезе кур при светодиодной стимуляции красного и зеленого спектра. У куриных эмбрионов при красном освещении наибольшая скорость роста сердца выявлена на 17-е, а при зеленом — 20-е сутки; мышечного желудка при красном освещении — на 17-е и 20-е сутки, печени — на 16-е при красном освещении и 17-е сутки — при зеленом освещении. К периоду вылупления на 20-е сутки не выявлено различий в развитии висцеральных органов куриных эмбрионов в зависимости от красного и зеленого светового спектра. Вылупление куриных эмбрионов кросса «Ломанн Браун», подвергающихся красному и зеленому световому воздействию, происходило на 20-е сутки инкубации — на сутки раньше, чем в контрольных условиях (темнота). Обсуждаются предполагаемые биологические причины, лежащие в основе воздействия монохроматического света разного цветового спектра, влияющие на эмбриогенез куриного эмбриона и его органов.

Ключевые слова: эмбриогенез курицы, сердце, мышечный желудок, печень, монохроматическая светодиодная стимуляция

© Челнокова М.И., Челноков А.А., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Заявление о конфликте интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 23 января 2022 г., принята к публикации 25 февраля 2022 г.

Для цитирования: Челнокова М.И., Челноков А.А. Особенности развития висцеральных органов у эмбрионов кур яичного кросса «Ломанн Браун» при красном и зеленом монохроматическом светодиодном освещении // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2022. Т. 17. № 1. С.112—123. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-1-112-123

Features of development of visceral organs in embryos of egg cross chickens 'Lohmann Brown' under red and green monochromatic LED lighting

Marina I. Chelnokova  , Andrey A. Chelnokov 

Velikie Luki State Agricultural Academy, *Velikiye Luki, Russian Federation*

 marinachelnokova@yandex.ru

Abstract. New data on the features of development of visceral organs in embryos of egg cross chickens 'Lohmann Brown' under red and green monochromatic LED lighting were obtained. The effect of two continuous LED lighting modes has been studied: experimental modes—red and green light, control—darkness. The absolute values of weight dimensions and specific growth rate (according to the Schmalhausen-Brody formula) of heart, muscular stomach, liver of chicken embryos were estimated using morphometric methods. The studies proved that red and green LED lighting has a stimulating effect on the embryonic development of visceral organs (heart, muscular stomach, liver) in 'Lohmann Brown' egg cross compared to the control (darkness). Under red and green LED stimulation, chicken embryos prevailed in the heart mass from the 14th to the 20th day of embryogenesis. The muscular stomach and liver of chicken embryos developed more intensively under red illumination on the 18th and 20th days, and under green illumination—a similar effect on the muscular stomach was noted on the 19th and 20th days, on the liver—on the 20th day. It has been established that in the early ontogenesis of 'Lohmann Brown' chickens there were several critical stages (phases). They fall on different days of development and characterize the features of rhythmicity in growth processes of visceral organs in chicken embryogenesis under LED stimulation of red and green spectrum. Chicken embryos under red and green illumination had the highest growth rate of heart on the 17th and 20th day, respectively; muscular stomach under red illumination—on the 17th and 20th days, liver—on the 16th and 17th day under red and green illumination. By the hatching period on the 20th day, there were no differences in the development of visceral organs of chicken embryos depending on red and green light spectrum. The hatching of 'Lohmann Brown' chicken embryos exposed to red and green light occurred on the 20th day of incubation—a day earlier than under control conditions (darkness). The proposed biological causes underlying the effect of monochromatic light of different color spectrum on embryogenesis of chicken embryo and organs are discussed.

Keywords: chicken embryogenesis, heart, muscular stomach, liver, monochromatic LED stimulation

Conflict of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Article history: Received: 23 January 2022. Accepted: 25 February 2022

For citation: Chelnokova MI, Chelnokov AA. Features of development of visceral organs in embryos of egg cross chickens 'Lohmann Brown' under red and green monochromatic LED lighting. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022; 17(1):112—123. doi: 10.22363/2312-797X-2022-17-1-112-123

Введение

Свет как абиотический фактор играет важную роль в росте и развитии живых организмов [1, 2]. У многих птиц свет является необходимым для эмбрионального развития и выступает в качестве фактора окружающей среды, влияющего на скорость эмбрионального роста, выводимость и раннее вылупление [3, 4]. Влияние световой стимуляции проявляется в раннем формировании фоторецепторов сетчатки глаз, активности супрахиазматического ядра гипоталамуса и шишковидной железы, которые являются основными компонентами циркадной системы птиц [1]. Искусственная инкубация лишает эмбриона полного объема естественной световой стимуляции. Поэтому использование световой стимуляции во время инкубации является одним из способов восполнить дефицит естественного освещения.

В настоящее время использование ламп накаливания во время инкубации стало менее распространенным, в то время как светодиодные лампы (LED) приобрели большую популярность благодаря наличию монохроматических вариантов, долговечности, экономичности и высокой энергоэффективности. Светодиодные лампы производят гораздо меньше тепла и снижают негативные эффекты на температурно-влажностный режим инкубации по сравнению с лампами накаливания и люминесцентными лампами [5]. Спектр и интенсивность монохроматического света оказывают влияние на показатели роста и фотопериодическую реакцию у домашних птиц [6]. Доказано, что светодиодная световая стимуляция во время инкубации повышает выводимость домашних птиц, улучшает качество птенцов и снижает их восприимчивость к стрессу в постнатальном онтогенезе [7]. Однако до сих пор не ясно, как влияет монохроматический свет разного спектра на развитие висцеральных органов эмбрионов кур яичного кросса «Ломанн Браун».

Цель исследования — изучение влияния красного и зеленого монохроматического светодиодного освещения яиц в условиях искусственной инкубации на развитие висцеральных органов эмбрионов кур яичного кросса «Ломанн Браун».

Материалы и методы исследования

Дизайн эксперимента. Работа выполнена на эмбрионах кур яичного кросса «Ломанн Браун» из птицефабрики ОАО «Волжанин» (п. Ермаково) Ярославской области Рыбинского района. Инкубацию яиц с первого дня проводили в инкубаторе ИЛБ-0,5 (Волгасельмаш, Россия) при стабильном режиме с температурой воздуха $37,6 \pm 0,1$ °С и относительной влажностью воздуха 55,0 %. Инкубатор был оснащен красными и зелеными светодиодными неонами (Elektrostandard LS 001 220V RGB 12W 80LED 5050 IP67 50м а045405, Россия-Китай). В экспериментальных группах (красный и зеленый свет) световая стимуляция осуществлялась непрерывно с 1 по 20-й день инкубации. В контрольной группе яйца инкубировали в темноте без световой стимуляции.

Методы исследования. Предварительно перед инкубацией оплодотворенные яйца взвешивали, отбирали по массе методом пар-аналогов и закладывали в инкубаторы. В ходе эксперимента было подвергнуто вскрытию 225 яиц. Вскрытие яиц ($n = 9 \dots 10$) проводили ежедневно с 14 по 20-е сутки инкубации с соблюдением этических норм

при работе с живыми биологическими объектами. Массу висцеральных органов (сердце, мышечный желудок, печень) эмбрионов определяли по общепринятой методике на аналитических весах САРТОГОСМ ЛВ 210-А (ООО «Сартогосм», Россия).

Для расчета удельной скорости роста массы органов куриных эмбрионов в период с 14 по 20-е сутки инкубации применяли формулу Шмальгаузена—Броди [8]:

$$C_1 = (\lg L_n - \lg L_0) / 0,4343(t_n - t_0), \quad (1)$$

где C_1 — удельная скорость роста; L_n — масса органа, г, в конечный момент времени t_n ; L_0 — масса органа, г, в начальный момент времени t_0 ; 0,4343— модуль перехода от натуральных логарифмов к десятичным.

Статистический анализ. Статистическую оценку данных проводили в программе Statistica 10.0 (Statsoft Inc, USA, 2010). Для сравнения изучаемых показателей использовали параметрический дисперсионный анализ One-way Anova с апостериорным анализом Newman-Keuls, Duncan test и Fisher LSD test при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты собственных исследований показали, что красное или зеленое светодиодное освещение по-разному влияло на развитие висцеральных органов у куриных эмбрионов. В сравнении с контролем (в темноте) при красной и зеленой светодиодной стимуляциях куриные эмбрионы преобладали в массе сердца на протяжении всего исследуемого отрезка эмбриогенеза (табл. 1; $p = 0,000^{\#}$, Newman-Keuls test). Мышечный желудок и печень куриных эмбрионов интенсивнее развивались при красном освещении на 18-е ($p = 0,001^{\#}$, Newman-Keuls test; $p = 0,032^{\#}$, Duncan test, соответственно) и 20-е сутки ($p = 0,000^{\#}$, Newman-Keuls test; $p = 0,000^{\#}$, Duncan test, соответственно), в сравнении с контролем, а при зеленом освещении аналогичное воздействие на мышечный желудок отмечалось на 19-е ($p = 0,030^{\#}$, Duncan test) и 20-е сутки ($p = 0,000^{\#}$, Duncan test), на печень— на 20-е сутки ($p = 0,000^{\#}$, Duncan test). Сравнительный апостериорный анализ двух световых воздействий показал, что при красном освещении достоверное увеличение массы сердца куриных эмбрионов наблюдалось на 18-е (табл. 1, $p = 0,008^{\bullet}$, Newman-Keuls test) и 19-е сутки (табл. 1, $p = 0,006^{\bullet}$, Newman-Keuls test), по сравнению с зеленым освещением, а мышечного желудка— на 18-е сутки (табл. 1, $p = 0,007^{\bullet}$, Newman-Keuls test).

Таблица 1

Характеристики абсолютных величин весовых размеров висцеральных органов куриных эмбрионов в контроле (темнота) при красном и зеленом световом воздействии

Сутки развития	В контроле (темнота)			При красном светодиодном освещении			При зеленом светодиодном освещении		
	МС, г	ММЖ, г	МП, г	МС, г	ММЖ, г	МП, г	МС, г	ММЖ, г	МП, г
14	0,089	0,226	0,207	0,096	0,270	0,223	0,103	0,285	0,232
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,002	0,005	0,016	0,002 [#]	0,002	0,005	0,001 [#]	0,009	0,005

Окончание табл. 1

Сутки развития	В контроле (темнота)			При красном светодиодном освещении			При зеленом светодиодном освещении		
	МС, г	ММЖ, г	МП, г	МС, г	ММЖ, г	МП, г	МС, г	ММЖ, г	МП, г
15	0,113 ± 0,001*	0,404 ± 0,018*	0,251 ± 0,006	0,124 ± 0,004*.#	0,425 ± 0,010*	0,261 ± 0,006	0,125 ± 0,002*.#	0,454 ± 0,010*	0,296 ± 0,008*
16	0,137 ± 0,002*	0,579 ± 0,007*	0,366 ± 0,029*	0,141 ± 0,001#	0,486 ± 0,010*	0,351 ± 0,008*	0,148 ± 0,004*.#	0,642 ± 0,007*.*	0,379 ± 0,012*
17	0,154 ± 0,009*	0,775 ± 0,013*	0,453 ± 0,023*	0,192 ± 0,009*.#	0,809 ± 0,007*	0,470 ± 0,007*	0,182 ± 0,004*.#	0,813 ± 0,008*	0,465 ± 0,008*
18	0,172 ± 0,006*	1,037 ± 0,016*	0,468 ± 0,016	0,225 ± 0,009*.*.#	1,232 ± 0,032*.*.#	0,535 ± 0,006*.#	0,191 ± 0,007	1,049 ± 0,025	0,507 ± 0,008*
19	0,186 ± 0,003*	1,302 ± 0,022*	0,556 ± 0,006*	0,234 ± 0,011*.*.#	1,390 ± 0,064*	0,543 ± 0,019	0,200 ± 0,004#	1,437 ± 0,065*.*.#	0,586 ± 0,015*
20	0,192 ± 0,004	1,405 ± 0,015*	0,564 ± 0,009	0,261 ± 0,009*.#	1,754 ± 0,048*.*.#	0,680 ± 0,016*.*.#	0,263 ± 0,008*.*.#	1,664 ± 0,057*.*.#	0,678 ± 0,022*.*.#

Примечание: МС – масса сердца; ММЖ – масса желудка; МП – масса печени; * – статистически значимое отличие по отношению к предыдущим суткам развития; # – статистически значимое отличие по отношению к контролю; • – статистически значимое отличие между красным и зеленым светодиодным освещением.

Table 1

Characteristics of absolute values of weight dimensions of visceral organs of chicken embryos in the control (darkness), with red and green light exposure

Development day	Control (darkness)			Red LED lighting			Green LED lighting		
	HM, g	MSM, g	LM, g	HM, g	MSM, g	LM, g	HM, g	MSM, g	LM, g
14	0.089 ± 0.002	0.226 ± 0.005	0.207 ± 0.016	0.096 ± 0.002#	0.270 ± 0.002	0.223 ± 0.005	0.103 ± 0.001#	0.285 ± 0.009	0.232 ± 0.005
15	0.113 ± 0.001*	0.404 ± 0.018*	0.251 ± 0.006	0.124 ± 0.004*.*.#	0.425 ± 0.010*	0.261 ± 0.006	0.125 ± 0.002*.*.#	0.454 ± 0.010*	0.296 ± 0.008*
16	0.137 ± 0.002*	0.579 ± 0.007*	0.366 ± 0.029*	0.141 ± 0.001#	0.486 ± 0.010*	0.351 ± 0.008*	0.148 ± 0.004*.*.#	0.642 ± 0.007*.*	0.379 ± 0.012*

Development day	Control (darkness)			Red LED lighting			Green LED lighting		
	HM, g	MSM, g	LM, g	HM, g	MSM, g	LM, g	HM, g	MSM, g	LM, g
17	0.154 ± 0.009*	0.775 ± 0.013*	0.453 ± 0.023*	0.192 ± 0.009*.#	0.809 ± 0.007*	0.470 ± 0.007*	0.182 ± 0.004*.#	0.813 ± 0.008*	0.465 ± 0.008*
18	0.172 ± 0.006*	1.037 ± 0.016*	0.468 ± 0.016	0.225 ± 0.009*.#.•	1.232 ± 0.032*.#.•	0.535 ± 0.006*.#	0.191 ± 0.007	1.049 ± 0.025	0.507 ± 0.008*
19	0.186 ± 0.003*	1.302 ± 0.022 *	0.556 ± 0.006 *	0.234 ± 0.011*.#.•	1.390 ± 0.064*	0.543 ± 0.019	0.200 ± 0.004#	1.437 ± 0.065*.#	0.586 ± 0.015*
20	0.192 ± 0.004	1.405 ± 0.015*	0.564 ± 0.009	0.261 ± 0.009*.#	1.754 ± 0.048*.#	0.680 ± 0.016*.#	0.263 ± 0.008*.#	1.664 ± 0.057*.#	0.678 ± 0.022*.#

Note: heart mass (HM), muscular stomach mass (MSM), liver mass (LM); * is a statistically significant difference in relation to the previous days of development; # is a statistically significant difference in relation to the control; • is a statistically significant difference between red and green LED lighting.

Одно из объяснений полученных нами результатов можно связать с выработкой гормонов соматотропной оси (гормона роста (GH), инсулиноподобного фактора роста-I (IGF-I) и пролактина), которые находятся в прямой связи с процессами роста и метаболизма в эмбриогенезе курицы. Существуют доказательства того, что воздействие светодиодного света стимулирует выработку гормонов соматотропной оси, которые играют решающую роль в качестве модуляторов формирования тканей, органов и напрямую влияют на их рост в эмбриогенезе курицы [9–11]. Ориентируясь на эти данные, можно полагать, что механизмы, опосредующие возможные стимулирующие эффекты разного светодиодного света на развитие висцеральных органов куриных эмбрионов, связаны с изменениями в функциональной активности соматотропной оси в разные сутки эмбриогенеза. В пользу рассмотренных выше суждений следует подчеркнуть, что в литературе встречается неоднозначная информация о влиянии разного светодиодного освещения на развитие эмбрионов у разных кроссов кур в зависимости от их продуктивности. Так, в исследованиях зарубежных авторов показан стимуляционный положительный эффект монохроматического зеленого освещения во время инкубации по сравнению с красным, синим и в темноте, проявляющийся на поздних стадиях эмбриогенеза выраженным развитием куриных эмбрионов мясного кросса Arbor Acres и ростом их скелетных мышц за счет усиления пролиферации и дифференцировки сателлитных клеток [12, 13]. Однако красное монохроматическое освещение является более эффективным для развития эмбрионов породы White Leghorn, поскольку повышает выводимость и качество молодняка по сравнению с белым освещением [14]. Позднее исследование этого автора показало, что для развития эмбрионов мясного кросса Cobb

500 эффективным послужило красное и белое монохроматическое освещение по сравнению с зеленым освещением, поскольку повышало выводимость, качество молодняка и усиливало восприимчивость цыплят к стрессу в постнатальном онтогенезе [7]. Вышеуказанные литературные данные приводят нас к размышлению о необходимости дальнейших исследований для выяснения вопроса, насколько тесно связана селекция сельскохозяйственных птиц с пролиферацией и дифференцировкой клеток органов, регуляцией гормонов (GH и IGF-I) и развитием куриного эмбриона при воздействии светодиодного освещения разного цветового спектра. Результаты собственных исследований, проведенных нами ранее, показали, что красное и зеленое светодиодное освещение оказывало стимулирующее влияние на эмбриональное развитие кур кросса «Ломанн Браун», сопровождающееся повышением массы тела, а также уровня метаболизма в сравнении с контролем (темнота) [15]. Причем, красное светодиодное освещение во время инкубации является более эффективным, поскольку повышало массу тела куриных эмбрионов и ускоряло процессы энергетического обмена к периоду вылупления (20-е сутки) по сравнению с зеленым освещением [15].

Другое объяснение разного воздействия красного и зеленого светодиодного освещения на рост висцеральных органов куриных эмбрионов связано с эмбриогенезом шишковидной железы. По данным Hassanzadeh с соавторами [16] до образования шишковидной железы свет влияет на митоз нервного гребня. После образования шишковидной железы свет действует на развитие куриного эмбриона и его органов, главным образом, путем модуляции синтеза мелатонина. Монохроматический светодиодный свет способствует выработке мелатонина, который влияет на секрецию гормонов соматотропной оси (GH и IGF-I) и оказывает комплексное воздействие на регуляцию роста куриных эмбрионов и его органов [4, 7, 10, 14]. Также в научной литературе имеются отдельные сообщения, указывающие на то, что секреция мелатонина пинеальной железы куриных эмбрионов зависит от цветового спектра монохроматического света [17]. Авторами определена максимальная секреция мелатонина пинеальной железы у 20-дневных эмбрионов кросса Ross 308, развитие которых проходило при красном и белом светодиодном освещении, а наименьшая — у эмбрионов, развивающихся при синем освещении [17]. Последнее исследование указывает на то, что при воздействии зеленого светодиодного света на соматотропную ось критический период развития куриных эмбрионов Cobb 500 наступает на заключительных стадиях эмбрионального развития, после 18-х суток, когда биосинтез мелатонина резко возрастает [11]. Согласно данным гистологических исследований, при прерывистом зеленом светодиодном освещении увеличивается площадь фолликул, толщина стенок и площадь просвета шишковидной железы куриных эмбрионов породы White Leghorn на 10-е и 12-е сутки, а на 18-е сутки — только толщина стенки органа [18].

Нами установлен факт, что к периоду вылупления на 20-е сутки не выявлено различий в развитии висцеральных органов куриных эмбрионов кросса «Ломанн Браун» в зависимости от красного и зеленого светового спектра (см. табл. 1; сердце:

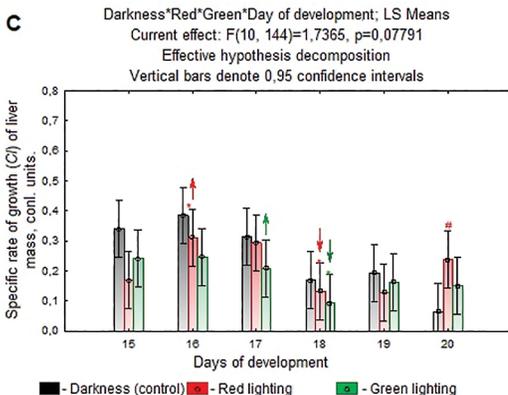
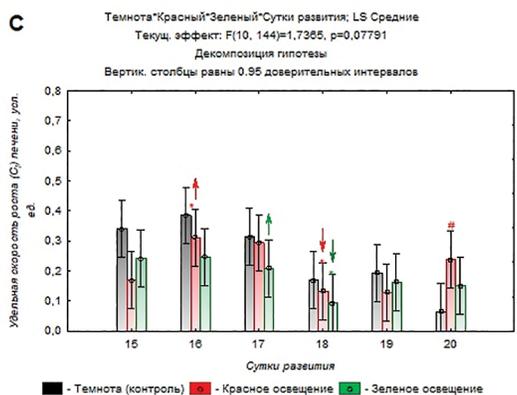
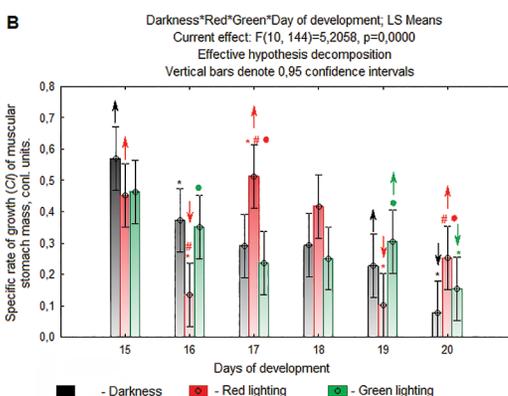
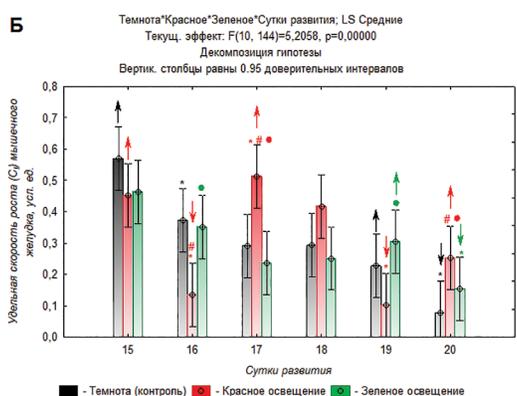
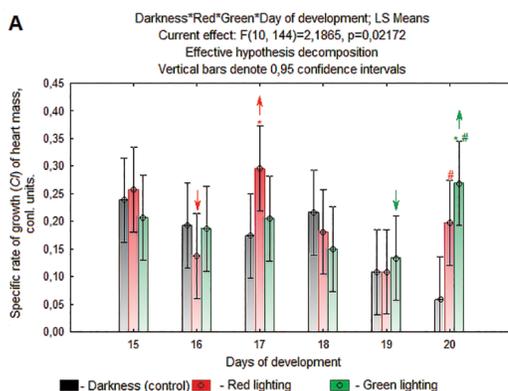
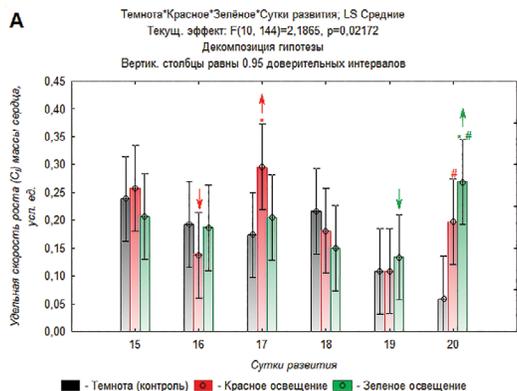
$p = 0,866$, Newman-Keuls test; мышечный желудок: $p = 0,183$, Newman-Keuls test; печень: $p = 0,919$, Duncan test). Полученные данные находят свое подтверждение в нескольких работах по влиянию светодиодной стимуляции разного светового спектра на развитие органов куриных эмбрионов [4, 19]. В [19] на эмбрионах кросса Arbor Acres не обнаружено различий в массе сердца, печени и глазного яблока во время последних суток развития в условиях непрерывного зеленого и белого светодиодного освещения. Аналогичные результаты были сообщены позднее в [4], где сравнивали массу тела, головного мозга эмбрионов кросса Ross 308 при непрерывном освещении разного цветового спектра (красный, синий, зеленый).

Собственные данные указывают на то, что в раннем онтогенезе кур кросса «Ломанн Браун» отмечается несколько критических этапов (фаз), выпадающих на различные сутки развития и характеризующие особенности ритмичности процессов роста висцеральных органов в эмбриогенезе кур при светодиодной стимуляции красного и зеленого спектра (рис., А—С). У куриных эмбрионов при красном освещении наибольшая скорость роста сердца выявлена на 17-е (рис., А, красный свет: $p = 0,028^*$, Duncan test), а при зеленом— 20-е сутки (рис., А, зеленый свет: сутки ($p = 0,028^*$, Duncan test), мышечного желудка— на 17, 20-е сутки (рис., Б, красный свет: $p = 0,000^*$, Newman-Keuls test), печени— на 16-е (рис., С, красный свет: $p = 0,040^*$, Duncan test) и 17-е сутки (рис., С, зеленый свет: $p = 0,034^*$, Duncan test).

Известно, что световая стимуляция повышает уровень метаболизма [15], и именно его мы видим причиной интенсивного роста массы висцеральных органов у куриных эмбрионов, которые развивались при красном и зеленом светодиодном освещении, в отличие от эмбрионов, инкубируемых в темноте. Следствием этого являются сдвиги критических периодов развития в скорости роста массы висцеральных органов (см. рис., А—С) при обоих видах освещения на более поздние дни эмбрионального развития и сокращение продолжительности последнего. Вылупление куриных эмбрионов кросса «Ломанн Браун», подвергающихся красному и зеленому световому воздействию, происходило на 20-е сутки инкубации— на сутки раньше, чем в контрольных условиях (темнота).

Заключение

На основании проведенного исследования можно заключить, что дополнительное непрерывное монохроматическое светодиодное освещение разного цветового спектра является более эффективным, поскольку ускоряет развитие висцеральных органов зародышей курицы во время искусственной инкубации. Красное и зеленое светодиодное освещение может использоваться в практике инкубации яиц сельскохозяйственной птицы яичной продуктивности и при изучении синергетического воздействия светодиодного освещения и переменных температур инкубации на эмбриональное развитие кур разного направления продуктивности.



Изменения удельной скорости роста C_1 массы висцеральных органов куриных эмбрионов в контроле (темнота) при красном и зеленом светодиодном освещении: **A** – C_1 массы сердца; **Б** – C_1 массы мышечного желудка; **С** – C_1 массы печени; ↑ – подъем скорости роста (критические сутки); ↓ – депрессия скорости роста; * – статистически значимое отличие по отношению к предыдущим суткам развития; # – статистически значимое отличие по отношению к контролю; ● – статистически значимое отличие между красным и зеленым светодиодном освещением

Change in the specific growth rate C_1 of the mass of visceral organs of chicken embryos in the control (darkness), under red and green LED lighting: **A** – C_1 of the mass of the heart; **B** – C_1 of the mass of the muscular stomach; **C** – C_1 of the mass of the liver; ↑ – increase in growth rate (critical day); ↓ – depression of growth rate; * – statistically significant difference in relation to the previous days of development; # – statistically significant difference in relation to control; ● – statistically significant difference between red and green LED lighting

Библиографический список

1. Pal P., Dey D., Choudhary S., Sahu J., Kumar S., Ghosh S. Effect of light management in broiler production: A review // *J. Entomol. Zool. Stud.* 2019. Vol. 7. № 3. P. 437–441.
2. Soliman F.N.K., El-Sabrou K. Light wavelengths/colors: Future prospects for broiler behavior and production // *J. Vet. Behav.* 2020. Vol. 36. № 39. P. 34–39. doi: 10.1016/j.jveb.2019.10.014
3. Rogers L. Steroid hormones influence light-dependent development of visual projections to the forebrain // *Eur. J. Neurosci.* 2020. Vol. 52. № 6. P. 3572–3574. doi: 10.1111/ejn.14775
4. Abdulateef S.M., Al-Bayar M.A., Majid A.A., Shawkat S.S., Tatar A., Al-Ani M.Q. Effect of exposure to different light colors on embryonic development and neurophysiological traits in the chick embryo // *Veterinary World.* 2021. Vol. 14. № 5. P. 1284–1289. doi: 10.14202/vetworld.2021.1284–1289
5. Yang Y.—F., Jiang J.—S., Pan J.—M., Ying Y.—B., Wang X.—S., Zhang M.—L., Lu M.—S., Chen X.—H. The relationship of spectral sensitivity with growth and reproductive response in avian breeders (*Gallus gallus*) // *Sci. Rep.* 2016. Vol. 6. e19291. doi: 10.1038/srep19291
6. Pan J., Yang Y., Yang B., Yu Y. Artificial polychromatic light affects growth and physiology in chicks // *PLoS One.* 2014. Vol. 9. № 12. e113595. doi:10.1371/journal.pone.0113595
7. Archer G.S. Exposing broiler eggs to green, red and white light during incubation // *Animal.* 2017. Vol. 11. № 7. P. 1203–1209. doi: 10.1017/S 1751731117000143
8. Шмальгаузен И.И. Определение основных понятий и методика исследования роста. Рост животных. М.—Л., 1935. С. 8—60.
9. Givisiez P.E.N., Moreira Filho A.L.B., Santos M.R.B. et al. Chicken embryo development: metabolic and morphological basis for in ovo feeding technology // *Poultry Science.* 2020. Vol. 99. P. 6774–6782. doi: 10.1016/j.psj.2020.09.074
10. Li X., Rathgeber B., McLean N., MacIsaac J. Providing colored photoperiodic light stimulation during incubation: 1. Effects on embryo development and hatching performance in broiler hatching eggs // *Poultry Science.* 2021. Vol. 100. e101336. doi:10.1016/j.psj.2021.101336
11. Dishon L., Avital-Cohen N., Zaguri S., Bartman J., Heiblum R., Druyan S., Porter T.E., Gumulka M., Rozenboim I. In ovo green light photostimulation during the late incubation stage affects somatotrophic axis activity // *Poult. Sci.* 2021. Vol. 100. № 2. P. 467–473. doi: 10.1016/j.psj.2020.10.031
12. Zhang L., Zhang H.J., Qiao X., Wu S.G., Yao J.H., Qi G.H. Effect of monochromatic light stimuli during embryogenesis on muscular growth, chemical composition, and meat quality of breast muscle in male broilers // *Poult. Sci.* 2012. Vol. 91. P. 1026–1031. doi: 10.3382/ps.2011–01899
13. Wang T., Wang Z., Cao J., Dong Y., Chen Y. Monochromatic light affects the development of chick embryo liver via an anti-oxidation pathway involving melatonin and the melatonin receptor Mel1c // *Can. J. Anim. Sci.* 2014. Vol. 94. P. 391–400. doi: 10.4141/cjas2013–177
14. Archer G.S. Effect of exposing layer and broiler eggs to red or white light during incubation // *Int. J. Poult. Sci.* 2015. Vol. 14. P. 491–496. doi: 10.3923/ijps.2015.491.496
15. Челнокова М.И., Сулейманов Ф.И., Челноков А.А. Развитие и метаболизм эмбрионов курицы в эмбриогенезе при разном светодиодном освещении яиц во время инкубации // *Иппология и ветеринария.* 2021. № 4(42). С. 219–224.
16. Hassanzadeh M., Decuypere E., Lamberigts C., Buyse J. Light as exogenous factor can control metabolic disorders and impact embryonic development in broiler chickens—a review. *European Poultry Science.* 2019. Vol. 83. P. 1350–1359. doi: 10.1399/eps.2019.257
17. Drozdová A., Okuliarova M., Zeman M. The effect of different wavelengths of light during incubation on the development of rhythmic pineal melatonin biosynthesis in chick embryos // *Animal.* 2019. Vol. 13. № 8. P. 1635–1640. doi: 10.1017/S 1751731118003695
18. Wang P., Sun Y., Li Y., Fan J., Zong Y., Mani I.A., Shi L., Wang Y., Ni A., Ge P., Jiang L., Bian S., Ma H., Yuan Z., Liu X., Chen J. Monochromatic green light stimulation during incubation shortened the hatching time via pineal function in White Leghorn eggs // *J Animal Sci Biotechnol.* 2021. Vol. 12. P. 17. doi: 10.1186/s40104–020–00539-x

19. Zhang L., Zhu X.D., Wang X.F., Gao F., Zhou G.H. Green light-emitting diodes light stimuli during incubation enhances posthatch growth without disrupting normal eye development of broiler embryos and hatchlings // *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2016. Vol. 29. P. 1562—1568. doi: 10.5713/ajas.15.0976

References

1. Pal P, Dey D, Choudhary S, Sahu J, Kumar S, Ghosh S. Effect of light management in broiler production: A review. *J Entomol Zool Stud.* 2019; 7(3):437—441.
2. Soliman FNK, El-Sabroun K. Light wavelengths/colors: Future prospects for broiler behavior and production. *J Vet Behav.* 2020; 36:34–39. doi: 10.1016/j.jveb.2019.10.014
3. Rogers LJ. Steroid hormones influence light-dependent development of visual projections to the forebrain. *Eur J Neurosci.* 2020; 52(6):3561—3571. doi: 10.1111/ejn.14775
4. Abdulateef SM, Al-Bayar MA, Majid AA, Shawkat SS, Tatar A, Al-Ani MQ. Effect of exposure to different light colors on embryonic development and neurophysiological traits in the chick embryo. *Veterinary World.* 2021; 14(5):1284—1289. doi: 10.14202/vetworld.2021.1284–1289
5. Yang YF, Jiang JS, Pan JM, Ying YB, Wang XS, Zhang ML, et al. The relationship of spectral sensitivity with growth and reproductive response in avian breeders (*Gallus gallus*). *Sci Rep.* 2016; 6:19291. doi: 10.1038/srep19291
6. Pan J, Yang Y, Yang B, Yu Y. Artificial polychromatic light affects growth and physiology in chicks. *PLoS One.* 2014; 9(12): e113595. doi: 10.1371/journal.pone.0113595
7. Archer G.S. Exposing broiler eggs to green, red and white light during incubation. *Animal.* 2017; 11(7):1203—1209. doi: 10.1017/S 1751731117000143.
8. Schmalhausen I.I. Definition of basic concepts and methods for studying growth. In: *Rost zhivotnykh* [Growth of animals]. Moscow-Leningrad: Biomedgiz publ.; 1935. p.8—60. (In Russ.)
9. Givisiez PEN, Moreira Filho ALB, Santos MRB, Oliveira HB, Ferket PR, Oliveira CJB, et al. Chicken embryo development: metabolic and morphological basis for *in ovo* feeding technology. *Poultry Science.* 2020; 99(12):6774—6782. doi: 10.1016/j.psj.2020.09.074
10. Li X, Rathgeber B, McLean N, MacIsaac J. Providing colored photoperiodic light stimulation during incubation: 1. Effects on embryo development and hatching performance in broiler hatching eggs. *Poultry Science.* 2021; 100(9):101336. doi: 10.1016/j.psj.2021.101336
11. Dishon L, Avital-Cohen N, Zaguri S, Bartman J, Heiblum R, Druyan S, et al. In ovo green light photostimulation during the late incubation stage affects somatotrophic axis activity. *Poultry Science.* 2021; 100(2):467—473. doi: 10.1016/j.psj.2020.10.031
12. Zhang L, Zhang HJ, Qiao X, Wu SG, Yao JH, Qi GH. Effect of monochromatic light stimuli during embryogenesis on muscular growth, chemical composition, and meat quality of breast muscle in male broilers. *Poultry Science.* 2012; 91(4):1026—1031. doi: 10.3382/ps.2011-01899
13. Wang T, Wang Z, Cao J, Dong Y, Chen Y. Monochromatic light affects the development of chick embryo liver via an anti-oxidation pathway involving melatonin and the melatonin receptor Mel1c. *Can J Anim Sci.* 2014; 94(3):391–400. doi: 10.4141/cjas2013-177
14. Archer GS. Effect of exposing layer and broiler eggs to red or white light during incubation. *Int J Poult Sci.* 2015; 14(9):491–496. doi: 10.3923/ijps.2015.491.496
15. Chelnokova MI, Suleymanov FI, Chelnokov AA. Development and metabolism of chicken embryos in embryogenesis under different LED lighting of eggs during incubation. *Hippology and Veterinary.* 2021; (4):219—224. (In Russ.)
16. Hassanzadeh M, Decuyper E, Lamberigts C, Buyse J. Light as exogenous factor can control metabolic disorders and impact embryonic development in broiler chickens—a review. *European Poultry Science.* 2019; 83: p.1350—1359. doi: 10.1399/eps.2019.257
17. Drozdova A, Okuliarova M, Zeman M. The effect of different wavelengths of light during incubation on the development of rhythmic pineal melatonin biosynthesis in chick embryos. *Animal.* 2019; 13(8):1635—1640. doi: 10.1017/S 1751731118003695

18. Wang P, Sun Y, Li Y, Fan J, Zong Y, Mani IA, et al. Monochromatic green light stimulation during incubation shortened the hatching time via pineal function in White Leghorn eggs. *J Animal Sci Biotechnol*. 2021; 12(1):17. doi: 10.1186/s40104-020-00539-x

19. Zhang L, Zhu XD, Wang XF, Gao F, Zhou GH. Green light-emitting diodes light stimuli during incubation enhances posthatch growth without disrupting normal eye development of broiler embryos and hatchlings. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2016; 29(11):1562—1568. doi: 10.5713/ajas.15.0976

Об авторах:

Челнокова Марина Игоревна — кандидат биологических наук, заведующая кафедрой ветеринарии факультета технологии животноводства и агроэкологии, ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», Российская Федерация, 182112, г. Великие Луки, Псковская обл., пр-т. Ленина, д. 2; e-mail: marinachelnokova@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9353-767X

Челноков Андрей Алексеевич — доктор биологических наук, профессор кафедры зоотехнии и технологии переработки продукции животноводства факультета технологии животноводства и агроэкологии, ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», Российская Федерация, 182112, г. Великие Луки, Псковская обл., пр-т. Ленина, д. 2; e-mail: and-chelnokov@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-0502-5752

About authors:

Chelnokova Marina Igorevna — Candidate of Biological Sciences, Head of the Veterinary Department, Faculty of Animal Husbandry Technology and Agroecology, Velikiye Luki State Agricultural Academy, 2 Lenin ave., Velikiye Luki, Pskov region, 182112, Russian Federation; e-mail: marinachelnokova@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9353-767X

Chelnokov Andrey Alekseevich — Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Animal Husbandry and Processing Technology, Faculty of Animal Husbandry Technology and Agroecology, Velikiye Luki State Agricultural Academy, 2 Lenin ave., Velikiye Luki, Pskov region, 182112, Russian Federation; e-mail: and-chelnokov@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-0502-5752