

ВОЗДЕЙСТВИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ИНКУБАЦИИ НА РОСТ КУРИНЫХ ЭМБРИОНОВ КРОССА ХАЙСЕКС КОРИЧНЕВЫЙ И РАЗВИТИЕ ИХ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ

М.И. Челнокова, кандидат биологических наук

Великолукская государственная сельскохозяйственная академия,
182112, Псковская обл., Великие Луки, просп. Ленина, 2
Email: marinachelnokova@yandex.ru

Исследования проводили с целью изучения влияния дифференцированной температуры инкубации (37,8 °С – 1...14 сутки; 39,5 °С в течение 2 часов ежедневно – 15...17 сутки; 37,5 °С – 18 сутки; 37,0 °С – 19...20 сутки) на рост куриных эмбрионов Хайсекс коричневый, развитие их висцеральных органов и раннее постнатальное развитие цыплят. Повышение (39,5 °С в течение 2 ч на 15...17 сутки) и понижение (37,5 °С на 18 сутки; 37,0 °С на 19...20 сутки) температуры инкубации на протяжении исследуемого периода эмбриогенеза кур способствовало увеличению массы тела эмбрионов и их висцеральных органов, по сравнению со стабильной температурой (37,6 °С). При дифференцированной температуре инкубации отмечали следующие достоверные изменения относительной скорости роста мышечного желудка, по сравнению с предыдущим периодом с другим температурным режимом: увеличение – на 18 сутки при температуре 37,5 °С, снижение – на 15...17 сутки при температуре 39,5 °С и на 19...20 сутки при температуре 37,0 °С. Сравнительный статистический анализ относительной скорости роста длины и массы тела, а также массы висцеральных органов куриных эмбрионов при дифференцированной температуре инкубации, в сравнении со стабильной, не выявил достоверно значимых различий ($p > 0,05$). При дифференцированном температурном режиме, в сравнении с постоянным, на 15...17 и 18 сутки отмечен выраженный интенсивный аллометрический рост массы сердца и печени куриных эмбрионов, на 19...20 сутки – длины тела и массы желудка. Эффект дифференцированной температуры инкубации проявлялся в увеличении массы тела, сердца, мышечного желудка, печени куриных эмбрионов, раннем вылуплении цыплят на 19 сутки, повышении линейных и весовых размеров тела в раннем постнатальном онтогенезе.

EFFECT OF DIFFERENTIATED TEMPERATURE OF INCUBATION ON THE GROWTH OF CHICKEN EMBRYOS CROSS HAYSEX BROWN AND DEVELOPMENT OF THE VISCERAL ORGANS

Chelnokova M.I.

State Agricultural Academy of Velikie Luki,
182112, Pskovskaya obl., Velikie Luki, prosp. Lenina, 2
Email: marinachelnokova@yandex.ru

The effects of the differentiated incubation temperature (37.8°C – 1-14 days; 39.5°C for 2 hours daily – 15-17 days; 37.5°C – 18 days; 37.0°C – 19-20 days) on the growth of Hensex brown embryos and the development of their visceral organs, as well as on the early postnatal development of chickens were studied. Increase (39.5°C for 2 hours on 15-17 days) and decrease (37.8°C from 1 to 14 days; 37.5°C on 18 days; 37.0°C on 19-20 day) incubation temperatures throughout the entire study period of chicken embryogenesis contribute to an increase in the weight size of the body of chicken embryos and their visceral organs compared to a stable temperature (37.6°C). Under conditions of differentiated incubation temperature, there was a significant increase in the relative growth rate of the muscular stomach on day 18 at a temperature of 37.5°C compared to 5...17 days and its decrease on day 15...17 at a temperature of 39.5°C compared to 10...14 days and day 19...20 at a temperature of 37.0°C compared to 18 days. Comparative statistical analysis of the relative growth rate of body length and weight, as well as visceral organs of chicken embryos at a differentiated incubation temperature in comparison with a stable temperature did not reveal significantly significant differences in these parameters ($p > 0.05$). At a differentiated temperature of 39.5°C and 37.5°C on 15-17 and 18 days, respectively, in comparison with a stable temperature, there was a pronounced intensive allometric increase in the weight of the heart and liver of chicken embryos, at a temperature of 37.0°C on 19-20 days - body length and stomach weight. The differential effect of incubation temperature resulted in the increase of the absolute values of body weight, heart, muscle, stomach, liver of chicken embryos in the early hatching of the chicks on the 19th day, and also to increase the weight and linear body measurements in early postnatal ontogenesis.

Ключевые слова: куриные эмбрионы, эмбриогенез, дифференцированная температура инкубации, аллометрия, сердце, печень, мышечный желудок

Key words: chicken embryos, embryogenesis, differentiated incubation temperature, allometry, heart, liver, muscular stomach

Эмбриональное и раннее постнатальное развитие считаются наиболее уязвимыми фазами жизненного цикла домашних птиц *Gallus gallus* в отношении воздействия температуры искусственной инкубации [1]. Это наиболее важный фактор внешней среды искусственной инкубации, влияющий на выводимость птиц и постнатальное развитие. Принимая во внимание, что при естественном насиживании яиц домашних птиц рода *Gallus gallus* температура может колебаться в ши-

роком диапазоне от 30 до 40 °С [2], особое внимание следует уделять возможному сочетанию влияния низких и высоких температур при искусственной инкубации. Однако исследований, посвященных изучению воздействия дифференцированной температуры на рост и развитие куриных эмбрионов и их висцеральных органов в процессе искусственной инкубации, опубликовано недостаточно [3, 4]. Ранее мы установили, что при поддержании температуры с 1 по 14 сутки

на уровне 37,8 °С с последующим повышением до 39,5 °С в течение 3 ч ежедневно на 15...17 сутки, снижение ее на 18 сутки до 37,5 °С, а затем с 19 суток по 20 сутки до 37,0 °С увеличивает выводимость и снижает эмбриональную смертность цыплят, по сравнению со стабильной температурой искусственной инкубации [5].

Цель исследований – оценка влияния дифференцированного температурного режима на рост куриных эмбрионов, развитие висцеральных органов и раннее постнатальное развитие цыплят кросса Хайсекс коричневый.

Методика. Эксперименты проводили на базе Великолукской ГСХА. Объектом для исследований служили инкубационные яйца кур Хайсекс коричневый, приобретенные в ЛПХ «Южный» Смоленской области. Возраст поголовья родительского стада, от которого получено инкубационное яйцо, 30 недель. Предварительно перед инкубацией оплодотворенные яйца взвешивали, отбирали по массе в диапазоне от 58 до 60 г, и закладывали в инкубатор ИЛБ-0,5. Дифференцированный режим инкубации яиц ($n=200$; средняя масса яиц $58,45 \pm 4,14$ г) предусматривал поддержание температуры с 1 по 14 сутки на уровне $37,8 \pm 0,10$ °С, с 15 по 17 сутки ее повышение до $39,5 \pm 0,10$ °С в течение 2 часов ежедневно, на 18 сутки уменьшение до $37,5 \pm 0,10$ °С, с 19 суток по 20 сутки – до $37,0 \pm 0,10$ °С. Относительная влажность воздуха составляла 57,0 %. Для проведения сравнительного анализа искусственную инкубацию оплодотворенных яиц ($n=200$; средняя масса яиц $58,72 \pm 4,16$ г) осуществляли при стабильной температуре $37,6 \pm 0,10$ °С с относительной влажностью воздуха 55,0 % (контроль).

Инкубированные яйца вскрывали ежедневно с 4 суток с соблюдением этических норм при работе с живыми биологическими объектами. Извлеченных эмбрионов, а также их висцеральные органы обсушивали на фильтровальной бумаге. Морфометрическую оценку роста и массы тела эмбрионов проводили с 4 по 20 сутки, висцеральных органов (сердца, мышечного желудка, печени) – с 9 по 20 сутки. Длину тела эмбрионов измеряли от верхушки черепа до конца хвоста с помощью электронного штангельциркуля Finch Industrial Tools 19856 (Canada Inc.), длину тела цыплят – от гребня до среднего пальца стопы. Массу тела эмбрионов, отдельных висцеральных органов и цыплят определяли на аналитических весах Сартогосм ЛВ 210-А (Россия).

Относительную скорость роста длины, массы тела и висцеральных органов куриных эмбрионов рассчитывали по формуле С. Броди [6]:

$$K = \frac{(W_t - W_0) \times 100}{(W_t + W_0) \times 0,5}, \quad (1)$$

где W_t – значение показателя в возрасте (t); W_0 – начальное значение показателя.

Для расчета относительного роста длины тела, массы сердца, мышечного желудка, печени от массы тела эмбрионов использовали формулу простой аллометрии:

$$y = ax^b, \quad (2)$$

где x – масса тела эмбриона, г; y – длина тела, см (масса органа, г); a – константа начального роста эмбриона; b – аллометрический и степенной коэффициент регрессии, показывающий во сколько раз быстрее ($b > 1$ – положительная аллометрия) или медленнее ($b < 1$ – отрицательная аллометрия) растет эмбрион в длину

или масса его орган относительно всего организма (при $b=1$ рост происходит изометрично).

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. С помощью регрессионного анализа Multiple Regression Analysis определяли коэффициент регрессии (b), свободный член (a) аллометрических уравнений, детерминированный коэффициент (R^2), значимость связи между исследуемыми признаками ($P_{F\text{-тест}}$).

Результаты и обсуждение. Не зависимо от режима инкубации отмечено достоверно значимое увеличение длины тела, массы тела, сердца, мышечного желудка, печени в период с 15 по 20 сутки, по отношению к 4...14 сутки (табл. 1; $p=0,000$). Ранее было установлено, что при повышении температуры с 1 по 3 сутки инкубации до 38,0 °С с последующим снижением до 37,6 °С с 4 по 20 сутки происходит усиленный рост длины и массы тела куриного эмбриона кросса Хайсекс коричневый, а также интенсивное развитие костей тазовой конечности [7] и сердца [8]. Положительное влияние дифференцированных температур инкубации на рост массы тела эмбрионов бройлеров кросса Росс 308 отмечали и другие авторы [3, 4].

Результаты множественного сравнительного анализа свидетельствуют, что повышение и снижение температуры при дифференцированном режиме инкубации приводит к достоверному увеличению массы и длины тела эмбрионов, массы сердца, мышечного желудка, печени к концу инкубации (см. табл. 1). При постоянной температуре не выявлено различий по длине тела эмбрионов на 15...17 и 18 сутки инкубации ($p=0,065$).

При дифференцированном воздействии температур в период с 1 по 20 сутки эмбриогенеза масса тела, мышечного желудка, печени куриных эмбрионов были достоверно больше на 15...17, 18, 19...20 сутки, а масса сердца на 18, 19...20 сутки, по сравнению со стабильной температурой (см. табл. 1). При температуре 37,8 °С на 4(9)...14 сутки анализируемые показатели были незначительно ($p > 0,05$) больше, чем в варианте со стабильной температурой. На 15...17 сутки эмбриогенеза при дифференцированном режиме инкубации наблюдали достоверно значимое увеличение массы тела, по сравнению с контролем, на 2,72 г ($p=0,006$), массы мышечного желудка и печени эмбрионов кур – соответственно на 0,073 г ($p=0,014$) и 0,071 г ($p=0,006$). При снижении температуры на 18 сутки до 37,5 °С и на 19...20 сутки до 37,0 °С отмечали рост массы тела соответственно на 5,58 г и 4,53 г ($p=0,000$), сердца – на 0,034 г и 0,032 г ($p=0,001$; $p=0,002$), мышечного желудка – на 0,180 г и 0,145 г ($p=0,000$), печени – на 0,125 г и 0,119 г ($p=0,000$). Другими авторами [9] также было установлено, что дифференцированный температурный режим инкубации (37,5 °С с 0...14 сутки; 39,5 или 40,7 °С в течение 3 часов ежедневно 15...17 сутки; 37,5 °С на 18 сутки; 37,0 °С на 19...20 сутки) приводит к увеличению массы куриного эмбриона на 18-й день эмбриогенеза и массы цыплят на 1 день раннего постнатального онтогенеза.

На всем протяжении эмбриогенеза при дифференцированной температуре инкубации наблюдалось достоверное снижение относительной скорости роста массы и длины тела, массы мышечного желудка, печени куриных эмбрионов. Максимальное снижение относительной скорости роста длины тела эмбрионов отмечали на 18 сутки (табл. 2; $p=0,003$), массы тела,

Табл. 1. Влияние дифференцированной и стабильной температуры инкубации на абсолютные величины линейных и весовых размеров тела эмбрионов кур и их висцеральных органов

| Температура | Сутки инкубации | МТ, г* | ДТ, см | МС, г | МЖ, г | МП, г |
|---|-------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Дифференцированная температура</i> | | | | | | |
| 37,8 °С | 4...14 (9...14**) | 3,099 ± 0,273 | 3,793 ± 0,155 | 0,052 ± 0,004 | 0,106 ± 0,012 | 0,103 ± 0,011 |
| В течение 2 часов 39,5 °С | 15...17 | 17,288 ± 0,661 | 7,367 ± 0,091 | 0,146 ± 0,007 | 0,491 ± 0,021 | 0,390 ± 0,018 |
| 37,5 °С | 18 | 28,638 ± 0,469 | 8,533 ± 0,037 | 0,241 ± 0,002 | 0,970 ± 0,004 | 0,678 ± 0,006 |
| 37,0 °С | 19...20 | 34,390 ± 0,446 | 9,717 ± 0,120 | 0,297 ± 0,008 | 1,157 ± 0,023 | 0,894 ± 0,014 |
| <i>P-значение</i> | | | | | | |
| 37,8 °С _{4(9)...14 сут} × 39,5 °С _{15...17 сут} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8 °С _{4(9)...14 сут} × 37,5 °С _{18 сут} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,8 °С _{4(9)...14 сут} × 37,0 °С _{19...20} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 39,5 °С _{15...17 сут} × 37,5 °С _{18 сут} | | 0,000 | 0,013 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 39,5 °С _{15...17 сут} × 37,0 °С _{19...20 сут} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,5 °С _{18 сут} × 37,0 °С _{19...20 сут} | | 0,000 | 0,011 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| <i>Стабильная температура</i> | | | | | | |
| | 4...14 (9...14**) | 2,497 ± 0,220 | 3,509 ± 0,143 | 0,042 ± 0,003 | 0,086 ± 0,010 | 0,084 ± 0,009 |
| 37,6 °С | 15...17 | 14,569 ± 0,403 | 7,144 ± 0,093 | 0,127 ± 0,004 | 0,418 ± 0,014 | 0,319 ± 0,010 |
| | 18 | 23,057 ± 0,057 | 7,967 ± 0,237 | 0,207 ± 0,003 | 0,790 ± 0,002 | 0,553 ± 0,001 |
| | 19...20 | 29,857 ± 0,905 | 9,500 ± 0,108 | 0,265 ± 0,011 | 1,012 ± 0,029 | 0,775 ± 0,025 |
| <i>P-значение</i> | | | | | | |
| 37,6 °С _{4(9)...14 сут} × 37,6 °С _{15...17 сут} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,6 °С _{4(9)...14 сут} × 37,6 °С _{18 сут} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,6 °С _{4(9)...14 сут} × 37,6 °С _{19...20} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,6 °С _{15...17 сут} × 37,6 °С _{18 сут} | | 0,000 | 0,065 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,6 °С _{15...17 сут} × 37,6 °С _{19...20 сут} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 37,6 °С _{18 сут} × 37,6 °С _{19...20 сут} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| <i>P-значение</i> | | | | | | |
| Диффер. _{4(9)...14 сут} × Стаб. _{4(9)...14 сут} | | 0,543 | 0,535 | 0,346 | 0,504 | 0,456 |
| Диффер. _{15...17 сут} × Стаб. _{15...17 сут} | | 0,006 | 0,627 | 0,068 | 0,014 | 0,006 |
| Диффер. _{18 сут} × Стаб. _{18 сут} | | 0,000 | 0,216 | 0,001 | 0,000 | 0,000 |
| Диффер. _{19...20 сут} × Стаб. _{19...20 сут} | | 0,000 | 0,636 | 0,002 | 0,000 | 0,000 |

* (здесь и в остальных таблицах) МТ – масса тела, ДТ – длина тела, МС – масса сердца, МЖ – масса мышечного желудка, МП – масса печени. ** массу и длину тела измеряли с 4 суток, массу сердца, мышечного желудка и печени – с 9 суток.

мышечного желудка, печени – 19-20 сутки ($p=0,000$). N.A.M. Elsayed с соавторами отмечают снижение относительной скорости роста массы печени и содержания в ней гликогена у куриных эмбрионов с повышением температуры в течение 3 ч ежедневно до 39,5 или 40,7 °С на 15...17 сутки [9]. Повышение температуры с 15 по 17 сутки инкубации приводит к увеличению концентрации глюкозы в плазме крови, вследствие распада гликогена в печени, что способствует эмбриональному росту и снижению смертности на поздних этапах эмбрионального развития. Авторы констатируют, что повышение температуры на 15...17 сутки способствует усилению обмена веществ, активному распаду гликогена и выделению большего количества энергии для

выведения цыплят [9]. N. Lekrisompong с соавторами указывают на то, что повышение температуры до 39,5 °С после 14 суток эмбрионального развития ускоряет время вылупления цыплят, но снижает относительный прирост массы тела эмбрионов, массы сердца, мышечного желудка, железистого и тонкого кишечника, по сравнению с температурой 38,2 °С [10]. По данным других исследователей, снижение температуры до 36,7 °С на 19 сутки инкубации приводит к увеличению относительного прироста массы печени и селезенки у эмбрионов кур, по сравнению с высокой температурой (38,9 °С) [3].

В наших исследованиях в условиях дифференцированной температуры отмечено достоверное увели-

Табл. 2. Влияние дифференцированной и стабильной температуры инкубации на относительную скорость роста линейных и весовых размеров тела эмбрионов кур и их висцеральных органов

| Температура | Сутки инкубации | МТ, % | ДТ, % | МС, % | МЖ, % | МП, % |
|---|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Дифференцированная температура | | | | | | |
| 37,8 °С | 5...14 (10...14*) | 56,17 ± 2,90 | 15,74 ± 0,93 | 35,66 ± 1,63 | 53,71 ± 2,62 | 43,46 ± 2,47 |
| В течение 2 часов 39,5 °С | 15...17 | 26,19 ± 2,32 | 9,22 ± 0,81 | 20,50 ± 2,41 | 28,90 ± 1,22 | 22,55 ± 3,92 |
| 37,5 °С | 18 | 28,05 ± 1,56 | 5,64 ± 0,65 | 26,08 ± 1,44 | 43,00 ± 1,34 | 31,31 ± 1,15 |
| 37,0 °С | 19...20 | 11,55 ± 1,15 | 9,09 ± 1,29 | 15,35 ± 1,69 | 12,66 ± 1,94 | 16,12 ± 1,79 |
| <i>P-значение</i> | | | | | | |
| 37,8 °С _{5(10)...14 сут} × 39,5 °С _{15...17 сут} | | 0,002 | 0,026 | 0,001 | 0,000 | 0,003 |
| 37,8 °С _{5(10)...14 сут} × 37,5 °С _{18 сут} | | 0,001 | 0,003 | 0,020 | 0,030 | 0,054 |
| 37,8 °С _{5(10)...14 сут} × 37,0 °С _{19...20 сут} | | 0,000 | 0,061 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 39,5 °С _{15...17 сут} × 37,5 °С _{18 сут} | | 0,837 | 0,444 | 0,173 | 0,004 | 0,164 |
| 39,5 °С _{15...17 сут} × 37,0 °С _{19...20 сут} | | 0,105 | 0,964 | 0,208 | 0,001 | 0,306 |
| 37,5 °С _{18 сут} × 37,0 °С _{19...20 сут} | | 0,310 | 0,242 | 0,026 | 0,000 | 0,044 |
| Стабильная температура | | | | | | |
| | 5...14 (10...14*) | 57,48 ± 3,61 | 16,73 ± 1,14 | 33,83 ± 2,68 | 54,80 ± 4,08 | 45,36 ± 3,06 |
| 37,6 °С | 15...17 | 26,52 ± 2,99 | 9,78 ± 0,83 | 22,81 ± 1,58 | 31,48 ± 3,13 | 24,12 ± 0,36 |
| | 18 | 26,30 ± 0,96 | 8,96 ± 0,73 | 28,10 ± 1,63 | 40,21 ± 0,27 | 32,11 ± 0,42 |
| | 19...20 | 18,63 ± 1,62 | 11,06 ± 1,68 | 19,74 ± 3,28 | 17,41 ± 1,49 | 22,92 ± 1,19 |
| <i>P-значение</i> | | | | | | |
| 37,6 °С _{5(10)...14 сут} × 37,6 °С _{15...17 сут} | | 0,013 | 0,038 | 0,005 | 0,010 | 0,000 |
| 37,6 °С _{5(10)...14 сут} × 37,6 °С _{18 сут} | | 0,034 | 0,040 | 0,330 | 0,067 | 0,011 |
| 37,6 °С _{5(10)...14 сут} × 37,6 °С _{19...20 сут} | | 0,010 | 0,043 | 0,002 | 0,000 | 0,000 |
| 37,6 °С _{15...17 сут} × 37,6 °С _{18 сут} | | 0,985 | 0,842 | 0,394 | 0,267 | 0,123 |
| 37,6 °С _{15...17 сут} × 37,6 °С _{19...20 сут} | | 0,803 | 0,697 | 0,531 | 0,078 | 0,816 |
| 37,6 °С _{18 сут} × 37,6 °С _{19...20 сут} | | 0,540 | 0,633 | 0,205 | 0,013 | 0,179 |
| <i>P-значение</i> | | | | | | |
| Диффер. _{5(10)...14 сут} × Стаб. _{5(10)...14 сут} | | 0,796 | 0,759 | 0,702 | 0,867 | 0,739 |
| Диффер. _{15...17 сут} × Стаб. _{15...17 сут} | | 0,971 | 0,862 | 0,628 | 0,700 | 0,959 |
| Диффер. _{18 сут} × Стаб. _{18 сут} | | 0,911 | 0,307 | 0,672 | 0,670 | 0,889 |
| Диффер. _{19...20 сут} × Стаб. _{19...20 сут} | | 0,525 | 0,929 | 0,358 | 0,468 | 0,460 |

*относительная скорость роста массы сердца, мышечного желудка, печени рассчитана с 10 суток, массы тела – с 5 суток.

чение относительной скорости роста мышечного желудка ($p=0,004$) на 18 сутки при температуре 37,5 °С, по сравнению с 15...17 сутками, и его снижение на 15...17 сутки при температуре 39,5 °С ($p=0,000$), по сравнению с 10...14 сутками, а также на 19...20 сутки при температуре 37,0 °С ($p=0,000$), по сравнению с 18 сутками.

При стабильной температуре 37,6 °С наблюдали достоверное снижение относительной скорости роста массы тела, длины тела и массы печени с 10 по 20 сутки, по сравнению с 5(10)...14 сутками, а массы сердца и мышечного желудка в течении 15...17 и 19...20 суток, по сравнению с 10...14 сутками (см. табл. 2). На протяжении 19...20 суток отмечали значимое умень-

шение относительной скорости роста массы желудка куриных эмбрионов ($p=0,013$), в сравнении с предыдущими сутками инкубации.

Достоверных изменений относительной скорости роста длины и массы тела, а также висцеральных органов куриных эмбрионов в зависимости от режима инкубации не наблюдали (см. табл. 2; $p>0,05$).

При обоих режимах инкубации наблюдалась отрицательная аллометрия (табл. 3). При дифференцированной температуре на 15...17 и 18 сутки отмечали выраженный интенсивный рост массы сердца и печени куриных эмбрионов, на 19...20 сутки – длины тела и массы желудка. В контрольном варианте высокие аллометрические коэффициенты зафиксированы по длине

Табл. 3. Аллометрия относительного роста длины тела и массы висцеральных органов при дифференцированной и постоянной температурах инкубации

| Показатель | Сутки инкубации | Дифференцированная температура | | | | Стабильная температура | | | |
|---------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | ДТ, г | МС, г | МЖ, г | МП, г | ДТ, г | МС, г | МЖ, г | МП, г |
| | | 37,8 °С | | | | 37,6 °С | | | |
| <i>b</i> | | 0,91 ± 0,04 | 0,98 ± 0,02 | 0,98 ± 0,03 | 0,98 ± 0,03 | <i>0,92 ± 0,04*</i> | 0,99 ± 0,02 | 0,98 ± 0,02 | 0,99 ± 0,02 |
| R ² | 4...14 | 0,829 | 0,969 | 0,962 | 0,964 | 0,856 | 0,974 | 0,869 | 0,974 |
| P _{F-тест} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | В течении 2 часов 39,5 °С | | | | 37,6 °С | | | |
| <i>b</i> | | 0,82 ± 0,12 | <i>0,89 ± 0,09</i> | 0,95 ± 0,06 | <i>0,96 ± 0,06</i> | <i>0,92 ± 0,08</i> | 0,63 ± 0,16 | <i>0,97 ± 0,05</i> | 0,88 ± 0,09 |
| R ² | 15...17 | 0,664 | 0,800 | 0,900 | 0,914 | 0,847 | 0,391 | 0,934 | 0,787 |
| P _{F-тест} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | 37,5 °С | | | | 37,6 °С | | | |
| <i>b</i> | | 0,57 ± 0,31 | <i>0,99 ± 0,05</i> | 0,26 ± 0,36 | <i>0,27 ± 0,36</i> | <i>0,78 ± 0,12</i> | 0,45 ± 0,33 | <i>0,52 ± 0,33</i> | 0,06 ± 0,33 |
| R ² | 18 | 0,327 | 0,980 | 0,066 | 0,071 | 0,616 | 0,207 | 0,270 | 0,004 |
| P _{F-тест} | | 0,110 | 0,000 | 0,503 | 0,487 | 0,000 | 0,217 | 0,151 | 0,887 |
| | | 37,0 °С | | | | 37,6 °С | | | |
| <i>b</i> | | <i>0,84 ± 0,13</i> | 0,88 ± 0,12 | <i>0,88 ± 0,11</i> | 0,91 ± 0,11 | 0,79 ± 0,12 | <i>0,98 ± 0,05</i> | 0,86 ± 0,12 | <i>0,94 ± 0,08</i> |
| R ² | 19...20 | 0,705 | 0,778 | 0,788 | 0,821 | 0,624 | 0,964 | 0,749 | 0,879 |
| P _{F-тест} | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

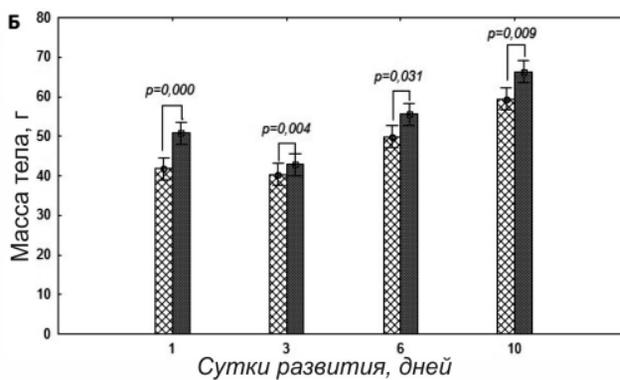
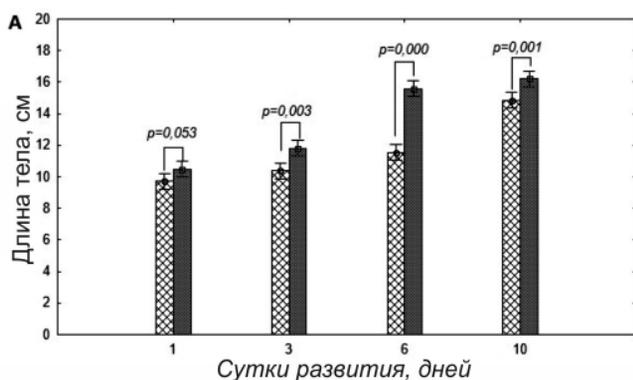
*выделенные курсивом показатели аллометрического коэффициента регрессии (*b*) указывают на интенсивный рост.

тела с 4 по 18 сутки инкубации, по массе сердца и печени – на 19...20 сутки, по массе мышечного желудка – с 15 по 18 сутки. При этом в известной нам научной литературе не обнаружено данных о влиянии температурных режимов инкубации на аллометрический рост куриных эмбрионов и их органов, что свидетельствует о актуальности таких исследований.

Модуляция температур во время инкубации положительно влияла на рост и развитие цыплят в раннем постнатальном онтогенезе (см. рисунок, А, Б). Отмечено достоверно значимое увеличение длины их тела на 3 сутки на 1,42 см ($p=0,003$), 6 сутки – на 4,04 см ($p=0,000$), 10 сутки – на 1,35 см ($p=0,000$), а также массы тела на 1 сутки – на 9,06 г ($p=0,000$), 3 сутки – на 2,50 г ($p=0,004$), 6 сутки – на 5,66 г ($p=0,031$), 10 сутки постнатального периода развития – на 6,88 г ($p=0,009$). Раннее вылупление цыплят и увеличение темпов их роста под влиянием варьирования температур инкуба-

ции в эмбриональный период отмечают и другие авторы [8, 9, 4].

В современной литературе существует ряд доказательств благоприятного влияния дифференцированных температур на развитие эмбрионов кур. Так, воздействие температуры 39,5 °С в течение 12 ч с 7 по 16 сутки стимулирует развитие кровеносных сосудов хориоаллантаоиса, гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси, которые участвуют в формировании терморегуляторных механизмов куриного эмбриона [11]. Они улучшают термоустойчивость цыплят в постэмбриональный период. Воздействие высокой температуры 39,5 °С в течение 2 ч с 5 по 12 сутки увеличивает экспрессию генов, ответственных за ангиогенез и улучшает термотолерантность эмбриона во время инкубации [12]. По мнению Г.К. Отрыганьева и А.Ф. Отрыганьевой, а также зарубежных авторов повышение температуры во второй половине инкубации подавляет



■ Стабильная температура ■ Дифференцированная температура

Морфометрические показатели длины (А) и массы тела (Б) цыплят (n=10), выведенных при стабильной и дифференцированной температуре инкубации.

развитие эмбрионов, поэтому к концу инкубации, особенно, в выводной период ее необходимо снижать [3, 4, 13]. Использование низких температур на 18...20 сутки улучшает переносимость цыплятами низкой температуры в постэмбриональный период и уменьшает вероятность развития асцита [12]. Временное повышение или понижение температуры инкубации яиц через определенные промежутки времени способствует мобилизации в первую очередь иммунной системы эмбрионов кур, которая играет важную роль в формировании механизмов адаптации к изменяющимся условиям внешней среды [14]. Адаптация к переменным (дифференцированным) температурам, формирующаяся в течение эмбриогенеза, повышает вывод молодняка кур и его качество, по сравнению с выводением при стабильном режиме инкубации [5].

Таким образом, анализ результатов исследования позволяет утверждать, что дифференцированная температура искусственной инкубации оказала статистически значимый эффект, который выразился в более интенсивном развитии куриных эмбрионов. К концу инкубации их масса была больше, чем при стабильном температурном режиме, на 4,53 г, масса сердца – на 0,032 г, мышечного желудка – на 0,145 г, печени – на 0,119 г. Кроме того, дифференциация температурного режима в период инкубации оказывает положительное влияние на рост и развитие цыплят в ранний постнатальный онтогенез: к 10 суткам длина их тела была больше на 1,35 см, масса – на 6,88 г.

Литература

1. Noiva R.M., Menezes A.C., Peleteiro M.C. Influence of temperature and humidity manipulation on chicken embryonic development // *BMC Vet Res.* 2014. Vol.1 (10). P. 234–243.
2. Turner J.S. On the thermal capacity of a bird's egg warmed by a brood patch // *Physiol. Zool.* 1997. Vol. 70. P. 470–480.
3. Maatjens C.M., van Rooyert-Reijrink I.A.M., Engel B., van der Pol C.W., Kemp B., van den Brand H. Temperature during the last week of incubation. I. Effects on hatching pattern and broiler chicken embryonic organ development // *Poultry Science.* 2016. Vol. 95. P. 956–965.
4. Wijnen H.J., Molenaar R., van Rooyert-Reijrink I.A.M., van der Pol C.W., Kemp B., van den Brandy H. Effects of incubation temperature pattern on broiler performance // *Poultry Science.* 2020. Vol. 99. P. 3897–3907.
5. Челнокова М.И., Шутенков А.Г., Сулейманов Ф.И. Воздействие температурных режимов и БАВ на эмбриональное развитие кур // *Птицеводство.* 2011. №5. С. 11–12.
6. Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. М.: Наука, 1976. 291 с.
7. Половинцева Т.М., Сулейманов Ф.И. Развитие костей тазовой конечности эмбрионов кур при изменении температурно-влажностного режима / *Онтогенез.* 2008. Т. 3. № 39. С. 227–230.
8. Голубцова В.А., Сулейманов Ф.И., Ибрагимов М.Э. Влияние факторов внешней среды на рост и развитие эмбрионов кур // *Птица и птицепродукты.* 2008. №1. С. 21–22.
9. Elsayed N.A.M., Elkomy A.E., El-Saadany A.S., Hassan E.Y. New Suggested Schemes for incubation Temperature and Their Effect on Embryonic Development and Hatching // *Power Asian Journal of Poultry Science.* 2009. Vol. 3. №1. P.19–29.
10. Lekrisompong N., Romero-Sanchez H., Plumstead P. W., Brannan K. E., Brake J. Broiler Incubation. I. Effect of Elevated Temperature During Late Incubation on Body Weight and Organs of Chicks // *Poultry Science.* 2007. Vol. 86. P. 2685–2691.
11. Piestun Y., Shinder D., Ruzal M., Halevy O., Brake J., Yahav S. The effect of thermal manipulation during the development of the thyroid and adrenal axes on in-hatch and post-hatch thermoregulation // *J. Therm. Biol.* 2008. Vol. 33. P. 413–418.
12. Yahav S., Tzschentke B. Perinatal thermal manipulation in poultry, does it cause long-lasting thermoregulatory memory? Verona: WPSA, 2006. URL: https://www.researchgate.net/publication/228489615_Perinatal_thermal_manipulations_in_poultry_does_it_cause_long-lasting_thermoregulatory_memory (дата обращения: 05.05.2021).
13. Отрыганьев Г.К., Отрыганьева А.Ф. Технология инкубации. М.: Росагропромиздат, 1989. 189 с.
14. Lis M.W., Niedziolka J. Development of avian embryo thermoregulation and artificial incubation // *Животноводство и ветеринарная медицина.* 2012. №12. С. 13–21.

Поступила в редакцию 07.02.2021

После доработки 20.03.2021

Принята к публикации 11.05.2021