

РЕПРОДУКТИВНАЯ ФУНКЦИЯ У ГИБРИДНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ. Сообщение I. ВЛИЯНИЕ СЕЛЕКЦИИ ПО ПРИЗНАКАМ ПРОДУКТИВНОСТИ

(обзор)

Ю.И. ЗАБУДСКИЙ

У поголовья гибридной птицы современных специализированных линий и кроссов, полученных в результате селекции на высокую продуктивность, диагностируются отклонения метаболизма, инициирующие развитие ряда синдромов, в том числе асцита и круглого сердца, внезапной смерти и прекращения яйцекладки, а также расстройства локомоторной активности, снижение стрессоустойчивости, рост агрессивности, каннибализм и др. Отмечается подавление механизмов адаптации и формирования естественной резистентности, определившее снижение устойчивости к условиям окружающей среды и, как следствие, ухудшение показателей сохранности поголовья. Имеет место дисбаланс между репродуктивной и продуктивной функциями. Обнаружены изменения массы яйца, соотношения ингредиентов и состава дейтоплазм, проницаемости скорлупы, состояния вителлиновой мембраны. Направленный отбор обусловил существенную гетерогенность эмбриогенеза у генотипов при селекции по одному виду продуктивности. Термотолерантность у кроссов бройлеров различается, причем изменения обнаруживаются уже через одно-два поколения отбора. Неодинаковой термотолерантностью обладают эмбрионы как разных генетических линий, отбираемых по признакам продуктивности, так и генотипов, формируемых на базе особей свободно спаривающейся популяции. Селекция индюков на увеличение яичной продуктивности вызывает увеличение продолжительности инкубации яиц, тогда как при отборе по признакам мясной продуктивности этот показатель изменяется незначительно. Основные отличия эмбриогенеза высокопродуктивных гибридов от особей из исходных популяций следующие: изменения проницаемости скорлупы яиц; различия в количестве образующегося метаболического тепла; аллометрический рост сердца, печени, почек; нарушения ритма работы сердца и энергетического обмена миокарда; различия в состоянии нейроэндокринной системы; изменения продолжительности эмбриогенеза. Установлено влияние генов, сцепленных с половой хромосомой, и специфический родительский эффект в отношении показателей воспроизводительной функции в результате селекции на продуктивность. Обсуждаются возможности решения проблемы посредством корректировки набора признаков, по которым ведется отбор, кормления родительского стада, а также технологии искусственной инкубации яиц, в том числе за счет разработки дифференцированных режимов инкубации для разных генотипов с учетом особенностей их биологии развития.

Ключевые слова: птица, генотип, селекция на продуктивность, инкубация яиц, метаболизм эмбрионов, режим инкубации.

На фоне несомненных достижений генетической селекции, направленной на получение высокопродуктивной гибридной птицы, у поголовья современных специализированных линий и кроссов диагностируются отклонения метаболизма, инициирующие развитие ряда синдромов, в том числе асцита и круглого сердца, внезапной смерти и прекращения яйцекладки, а также расстройства локомоторной активности, снижение стрессоустойчивости, рост агрессивности, каннибализм и др. (1-3). Произошло подавление механизмов адаптации и формирования естественной резистентности организма, определившее уменьшение устойчивости к условиям окружающей среды и, как следствие, ухудшение показателей сохранности поголовья. Имеет место дисбаланс между репродуктивной и продуктивной функциями. Особенности репродуктивной функции обнаруживаются уже в процессе овогенеза. Так, установлены изменения в иерархии фолликулов яичников у индюшек двух линий, подвергавшихся отбору в течение более 40 поколений на увеличение яичной продуктивности (линия ЯП) и массы тела (линия МТ) (4). Продуктивность у ЯП более чем в 2 раза превышала таковую у МТ, средняя масса яйца составила $63 \pm 0,5$ г и $91 \pm 0,5$ г при живой массе в 45-недельном возрасте соответственно

6,18±1,550 и 17,12±5,260 кг. Несмотря на то, что у МТ число и масса фолликулов были больше, относительная масса фолликулов оказалась, наоборот, меньше, чем у ЯП (например, у индюшек 45-недельного возраста соответственно 0,012±0,0006 и 0,015±0,0006 г/г).

В линиях, отбирившихся по разным признакам как мясной, так и яичной продуктивности, у инкубационных яиц фиксируются нарушения проницаемости скорлупы, состояния вителлиновой мембраны, соотношения ингредиентов яйца и состава дейтоплазм, что в конечном итоге выражается в изменениях метаболизма зародышей, хронологии эмбриогенеза, чувствительности к факторам окружающей среды, к режиму инкубации и др. (5-10). Выявлена меньшая чувствительность к гипертермии в конце эмбриогенеза у одной линии мясных кур по сравнению с другой, определившая ухудшение показателей результативности инкубации (11).

Отмеченные изменения скажутся впоследствии не только на результативности инкубации яиц, но и на качестве получаемого молодняка, а также на результатах его выращивания и содержания поголовья. Рассмотрим, например, две особенности генетической детерминированности термотолерантности у птицы, учитывая, что температура относится к основным экологическим факторам, обеспечивающим не только эмбриогенез, но и эффективность реализации генетического потенциала продуктивности (12, 13). Одна состоит в том, что степень термотолерантности изменяется в результате отбора по признакам продуктивности уже через одно-два поколения (14), другая — в неодинаковой термочувствительности у особей и их потомков, даже принадлежащих к одной популяции (в частности, в свободно спариваемом стаде Single Comb White Leghorn) (15). Для доказательства этого авторы провели двухэтапный эксперимент. Установили, что гибель 50 % зародышей вследствие гипотермии (2 °С) происходит на 1-е, 5-е, 9-е и 13-е сут инкубации при времени воздействия соответственно 48,0; 2,0; 1,5 и 3,0 ч. Затем сформировали 34 семьи (в каждой — петух и шесть кур), получили яйцо и заложили на инкубацию. На 1-е, 5-е, 9-е и 13-е сут партии яиц от разных 7 семей подвергали действию температуры, соответствующей LD₅₀ (яйцо от 6 семей служило контролем). Термотолерантность эмбрионов, оцененная по выводимости, значительно варьировала. При гипотермии на 1-е сут инкубации анализируемый показатель составил 13,8 % (от 9,8 до 19,7 %), на 5-е сут — 31,1 % (от 23,3 до 49,5 %), на 9-е сут — 41,03 % (от 29,1 до 50,6 %) и 13-е сут — 41,47 % (от 22,1 до 56,1 %), тогда как в контроле достиг 75,6 % (от 59,4 до 85,3 %). Следовательно, термочувствительность эмбрионов в семьях, сформированных из особей свободно спариваемого стада, значительно варьировала. Например, выводимость яиц от 7 семей, подвергнутых воздействию на 5-е сут инкубации, различалась более чем 2-кратно.

Установлено, что качество яиц, получаемых от кур Dekalb® White и Hy-Line® W-36, изменяется неодинаково под воздействием температуры 29,6 °С при влажности 52,34 % и скорости движения воздуха 0,3 м/с (16). По-видимому, причина заключается в различиях по составу ингредиентов, содержанию липидов, а также жирных кислот как основных источников энергии и воды для развивающихся эмбрионов. Так, S.E. Scheideler с соавт. (17), исследуя яйца от DeKalb Delta (D), Hy-Line® W-36 (H) и Babcock B 300 (B) обнаружили, что относительное содержание белка больше у D (61,2 %), чем у H (59,5 %) и B (59,4 %). Однако липидов в желтке у D оказалось, наоборот, меньше, чем у H и B. Яйцо последних содержало больше пальмитиновой кислоты, но меньше стеариновой и олеиновой, чем у D и H.

Таким образом, неодинаковой термотолерантностью обладают эм-

брионы как разных генетических линий, отбираемых по признакам продуктивности, так и генотипов, формируемых на базе особей свободно спаривающейся популяции. Эти особенности нельзя не учитывать в процессе воспроизводства, инкубации яиц и выращивания молодняка, а также в селекционной работе.

В настоящем обзоре обобщены и проанализированы данные изучения эмбриогенеза у основных видов сельскохозяйственной птицы при селекции на увеличение мясной и яичной продуктивности. Обсуждается целесообразность оптимизации технологии искусственной инкубации адекватно особенностям эмбрионального развития, обусловленным селекцией.

Изменения эмбриогенеза у кур. Показатели эмбрионального развития у прародителей современных пород кур, свободно спаривающихся популяций и полученных от них специализированных линий и кроссов, значительно различаются. Обнаружены неодинаковые изменения показателей роста и развития эмбрионов у красных джунглевых кур (КДК), яичного кросса Lohmann White (LW) и мясного кросса Ross 308 (R) вследствие гипоксии (18). Контрольные и опытные партии яиц каждого генотипа инкубировали (37,8 °С, влажность 45 %) соответственно при естественной оксигенации (20,95 %) и гипоксии (15,00 %). Использовали яйцо с массой 39,1±0,10 г (КДК), 58,2±0,60 г (LW) и 66,3±1,40 г (R) — от кур 45-недельного возраста, а также 58,3±0,40 г (R) — от 30-недельных несушек. Смертность эмбрионов в контроле для всех генотипов колебалась от 1,7 до 6,7 %, в опыте у КДК достигла 30,1 %, у LW — 8,6 %, у R — 10 % (по обеим партиям яиц). Гипоксия вызвала подавление роста эмбрионов у всех генотипов в среднем на 11 и 18 % соответственно на 13-е сут и к концу инкубации. Установлен феномен аллометрического роста мозга, сердца и печени. Например, у 20-суточных эмбрионов R (потомков несушек 45-недельного возраста) зафиксировано уменьшение массы печени и сердца соответственно на 41 и 31 %, тогда как массы тела — на 23 %. При этом у КДК выявлена отрицательная аллометрия только сердца, у LW — печени, а у R (по двум партиям яиц) — обоих органов.

Подтверждения этих особенностей роста и развития сердца и печени в период эмбриогенеза вследствие отбора по признаку увеличения массы тела получены на мясных курах линии Arbor Acres (AA) при сравнении с показателями в свободно спаривающейся популяции Athens-Canadian (AC) (19). Средняя масса яиц от AA составила 65,8 г, что на 32,3 % больше, чем от AC, содержание сухих вещества соответственно в белке было на 13,2 % больше, в желтке — на 7,7 % меньше. Относительная масса сердца у эмбрионов AA оказалась меньше, а печени — больше, чем у AC, а содержание гликогена в тканях обоих органов было больше у последних. В течение I стадии перинатального периода, когда у эмбрионов развивается гиперкапния и гипоксия, содержание в крови глюкозы превалировало у AA по сравнению с AC (соответственно 203 и 153 мг/дл). У эмбрионов авторы не обнаружили различий по содержанию в плазме крови тироксина (Т₄). Лишь на II стадии у AA выявлена значительно большая концентрация трийодтиронина (Т₃), чем у AC (соответственно 4,8 и 0,7 нг/мл). Соотношение Т₃/Т₄ также оказалось больше у AA, чем у AC в течение II и III стадий. Напомним, что I стадия — это проникновение клюва эмбриона в воздушную камеру яйца (internal pipping), II — эмбрион наклонил скорлупу (external pipping), III — цыпленок в течение 24 ч после вывода (hatching). У кур и индюков I стадия фиксируется соответственно на 19-е и 25-26-е, II — на 20-е и 27-е, III — на 21-е и 28-е сут инкубации (19, 20).

Таким образом, отбор кур по признакам яичной и мясной продук-

тивности вызывает аллометрический рост сердца и печени, а также сказывается на обмене углеводов в этих органах в период эмбриогенеза. Ключевая роль печени для реализации генетического потенциала по обоим видам продуктивности хорошо известна (21). Обнаружены значительные изменения функциональной активности щитовидной железы, а также чувствительности эмбрионов к гипоксии в период наклева и вывода молодняка по сравнению с показателями у генотипов, не подвергавшихся селекции.

Исследованы различия метаболизма у эмбрионов — потомков генотипов, подвергшихся контрастному отбору по одному из признаков (дивергентная селекция, соответственно линии L^+ и L^-). Так, у эмбрионов линий L^+ и L^- , полученных от одной популяции кур породы белый плимутрок после дивергентного отбора по признаку массы тела в течение 33 поколений (22), концентрации гормонов T_4 и T_3 в плазме крови достигли максимальных значений (соответственно более 25 и 6 нг/мл) на II стадии перинатального периода. Содержание этих гормонов и активность 5-дейодиназы в печени у эмбрионов L^- в течение всего перинатального периода оказались выше, а цыплята выводились раньше, чем у L^+ .

Изучены особенности метаболизма эмбрионов у линий кур, в которых велась селекция на сниженное (L^-) и повышенное (L^+) содержание жира в тушке у цыплят-бройлеров 8-недельного возраста (23). При близких значениях живой массы в этом возрасте (соответственно $2347,63 \pm 65,76$ и $2349,96 \pm 97,70$ г) среднее содержание жира достоверно различалось (соответственно 13,5 и 16,0 %). Ассимиляция O_2 у эмбрионов линии L^- на 14-е и 15-е сут инкубации ($37,5^\circ C$, влажность 80 %) составила в среднем $0,49$ и $0,56$ мл \cdot (г массы яйца \cdot ч) $^{-1}$ и оказалась достоверно интенсивнее, чем у эмбрионов L^+ , где показатель равнялся соответственно $0,42$ и $0,47$ мл \cdot (г массы яйца \cdot ч) $^{-1}$.

Л. Нуанкова с соавт. (24) исследовали изменения эмбриогенеза японских перепелов мясного типа при дивергентной селекции в течение 30 поколений по признакам относительного прироста живой массы в период 11-18-х сут жизни и массы тела в возрасте 49 сут. Продолжительность периода инкубации у L^- оказалась меньше, чем у L^+ (соответственно 391 и 406 ч), и 5-суточное хранение не влияло на этот показатель у обоих генотипов. Вместе с тем, выводимость зависела как от продолжительности хранения яиц, так и от генотипа, но независимо от срока хранения у L^- она была выше, чем у L^+ (1-е сут — соответственно 96,0 и 82,5 %, 5-е сут — 88,7 и 72,7 %). Этот показатель уменьшался вследствие увеличения гибели эмбрионов до 7-х и после 14-х сут инкубации.

Таким образом, данные, полученные на разной птице — курах породы белый плимутрок (22), цыплятах-бройлерах (23) и японских перепелах (24), подвергавшихся отбору по близким признакам мясной продуктивности, подтверждают и дополняют друг друга. Так, у эмбрионов L^- по сравнению с L^+ зафиксирован усиленный метаболизм (активность щитовидной железы и потребление O_2), сокращение периода инкубации и увеличенная выводимость яиц.

Констатированы изменения метаболизма у эмбрионов от кур-матерей, подвергнутых отбору на увеличение разных признаков мясной продуктивности. J.A. Hamidu с соавт. (25) исследовали линии Ross 308 (R) и Cobb 500 (C), которые отбирали соответственно по комплексу мясных признаков или выходу грудных мышц. На инкубацию ($37,5^\circ C$, влажность 56 %) отбирали яйцо с массой 64,4-64,8 г с учетом возраста несушек. Зафиксированы достоверные различия в интенсивности ассимиляции O_2 , выделении CO_2 и метаболического тепла через скорлупу. Например, в

течение 16 сут инкубации эмбрионы R и C ассимилировали O_2 соответственно по 763,8 и 744,8 мл/сут при выделении CO_2 по 486,4 и 477,8 мл/сут и тепла — по 172,14 и 167,38 мВт/сут. При инкубации яиц с тождественной исходной массой у этих мясных кроссов (R и C) выявлены различия, имеющие важное технологическое значение (26). Так, на 18-е сут инкубации потери массы у яиц C оказались на 0,5-1,0 % меньше, а температура скорлупы на 0,7-1,0 °F (0,26-0,38 °C) выше, тогда как цыплята выводились на 8-12 ч раньше, чем у R. Снижение потерь влаги у C объясняются уменьшением проницаемости скорлупы, что затрудняет выделение влаги и тепла, а также обмен газов.

При инкубации яйца (37,6 °C, влажность 50 %) от мясных кур Ross (R) и Cobb (C) 52-недельного возраста изменчивость показателей при акустическом резонансном анализе яиц в течение 66-130 ч оказалась достоверно ниже у R, чем у C, при максимальных значениях соответственно 4520 и 4720 Гц (27). Несмотря на практически одинаковую исходную массу яиц (R — 70,68±0,33, C — 70,15±0,34 г), усушка за 18 сут у первых была достоверно больше (14,26 против 13,02 %). Живая масса 7-суточных цыплят у C превышала таковую у R (151,84±2,55 против 145,08±2,41 г). В течение I стадии перинатального периода зафиксирована большая величина pCO_2 в воздушной камере яйца у C, чем у R (53,75±2,480 и 49,46±1,890 мм рт. ст.), при меньшем значении pO_2 и более коротком периоде инкубации (484 против 486 ч). Следовательно, у C завершение инкубации и достижение максимальных значений показателя акустического резонансного анализа наступали соответственно на 2 и 4 ч раньше, чем у R. Взаимосвязь этих показателей подтверждается данными позитивной корреляции между временем, когда показатель акустического резонанса начинает уменьшаться в течение раннего периода инкубации, и ее продолжительностью (28).

Не обнаружено значительных различий по времени инкубации до начала каждой из стадий перинатального периода у цыплят-бройлеров из трех чистых генетических линий (29). Однако интервал между I и II стадией достоверно зависел от генотипа — 12,0; 16,6 и 16,5 ч соответственно у 1-й, 2-й и 3-й линии. По данным компании, занимающейся разведением этих генотипов, у эмбрионов 2-й и 3-й линий по сравнению с 1-й линией смертность выше. Более длительный интервал между I и II стадиями перинатального периода у 2-й и 3-й линии может объяснить (по крайней мере, частично) причину увеличения у них эмбриональной смертности.

По мнению S. Druyan (30), селекция на увеличение скорости роста двух линий мясных кур не вызвала различий в паттернах роста эмбрионов, но обусловила гетерогенность в интенсивности их метаболизма. Так, с 15-х по 19-е сут инкубации в группе яичных кур Loghmann White (LW) по сравнению с мясными кроссами Ross 308 (R) и Cobb 500 (C) у эмбрионов обнаружена достоверно большая частота сердечных сокращений (на 17-е сут — соответственно 295, 284 и 275 сокр/мин). У R в течение 14-18 сут этот показатель оказался больше, чем у C. Потребление O_2 эмбрионами у LW было ниже, чем у кроссов R и C, тогда как различия между величиной показателей у последних не зафиксированы. Установлены значительные расхождения в продолжительности как периода инкубации яиц до начала наклева, так и вывода цыплят. Так, у R и C первые цыплята начали вылупляться через 478 ч инкубации, тогда как у LW — на 13 ч позже. Причем если у мясных кроссов этот процесс через 501-502 ч завершился, то у LW по истечении 504 ч лишь 75 % цыплят освободились от скорлупы. Эти данные согласуются с результатами O. Janke с соавт. (31), также обнаружившими, что цыплята LW выводились на 1 сут позже, чем цыплята-бройлеры.

Изменения эмбриогенеза у индюков. В цикле исследований (10, 20, 32-35) изучен эмбриогенез у ряда линий, в которых в нескольких десятках поколений проводился отбор по основным показателям яичной или мясной продуктивности. Первоначально в свободно спаривающихся популяциях RBC1 и RBC2 выделили линии E и F для отбора на увеличение соответственно яичной продуктивности в 180-суточном возрасте и живой массы в 16-недельном возрасте, а впоследствии от F получили линию FL для селекции по ширине плюсны. Обнаружены существенные различия в эмбриогенезе у этих генотипов по сравнению с исходными популяциями индюков в зависимости от состава рациона у производителей, а также вследствие гипотермии в период инкубации (33). На эмбрионах линий E и F соответственно 38-го и 35-го поколений селекции авторы изучили закономерности изменения функциональной активности щитовидной железы по сравнению с таковой в исходных популяциях при введении йода (KI) в рацион матерей (контроль — 0,4 ‰, опыт — 4,0 ‰). Партии яиц от несушек из контрольных и опытных групп инкубировали как при стандартном режиме температуры (37,5 °C), так и в условиях гипотермии (36,8 °C). Вывод молодняка при 37,5 °C из яиц от кур, получавших контрольный или опытный рацион, у E составил соответственно 70,3 и 69,0 %, тогда как у RBC1 — 60,5 и 40,9 %. В условиях гипотермии (36,8 °C) различия по этому показателю в контрольных партиях между E и RBC1 практически нивелировались (61,3 и 63,7 %), а в опытных — оказались в пользу RBC1 (60,0 против 54,6 %). В контрольных партиях F и RBC2, инкубированных при 37,5 °C, вывод составил соответственно 55,1 и 43,9 %, при 36,8 °C — 59,7 и 49,2 %, в опытных партиях — 42,6 и 60,9 %, 60,5 и 60,4 %. Таким образом, при 37,5 °C у линии F вывод в контрольной партии увеличился на 11,2 % по сравнению с RBC2, а в опытной — снизился на 18,3 %. Однако при 36,8 °C этот показатель в контрольной партии F оказался выше относительно такового у RBC2 на 10,5 %, тогда как в опытных партиях у этих генотипов он практически не различался (60,5 и 60,4 %). Следует отметить значительно большую чувствительность эмбрионов E (как к гипотермии, так и к увеличению содержания йода в рационе матерей) по сравнению с другими генотипами. Активность щитовидной железы изменялась в зависимости от генотипа, количества йода в рационе кур-несушек, а также температуры инкубации яиц. Установлено совпадение по времени максимальной активности железы и необычно высокой эмбриональной смертности в линиях E и F на II стадии перинатального периода. Например, концентрация T₄ в крови в эмбрионов у E возросла с 10,4 нг/мл, что зафиксировали до начала наклева, до 37,2 нг/мл, или в 3,6 раза, у линии F — в 5,5 раза. Кроме того, у эмбрионов этих линий количество T₄ по сравнению с показателями соответствующих контрольных партий увеличилось на 34,4 и 18,6 %.

Выявлено уменьшение массы сердца и нарушение энергетического обмена в тканях миокарда у эмбрионов линии E (47-е поколение селекции), что может быть обусловлено учащением сердечного ритма по сравнению с таковым у эмбрионов исходной популяции RBC1 (34). Так, у эмбрионов E и RBC1 на 25-е сут инкубации регистрировали соответственно 230 и 219 сердечных сокращений в минуту. У эмбрионов от F (43-е поколение селекции) сердечный ритм, наоборот, достоверно замедлен по сравнению с показателем у эмбрионов исходной популяции RBC2 (например, на 25-е сут инкубации соответственно 207 и 214 сокр/мин). Однако масса сердца, рассчитанная относительно массы тела эмбриона, у линии F не изменялась до завершения стадии плато. В течение 25-27 сут инкубации

соотношение концентраций общего гликогена (мг) и молочной кислоты (мг) в ткани миокарда у эмбрионов E было больше, чем у RBC1, а у F, наоборот меньше, чем у RBC2 (соответственно 20,4 и 18,9; 19,0 и 23,9). Гибель эмбрионов у E и F происходила чаще, если в тканях миокарда обнаруживали увеличение соотношения гликоген:молочная кислота.

Для линий, в которых ведется селекция, по сравнению с исходными популяциями констатированы изменения в продолжительности инкубации яиц: E (651 ч) > RBC1 (638 ч), FL (653 ч) > F (649 ч) > RBC2 (647 ч) > RBC3 (642 ч), и взаимосвязь между массой яиц и этим показателем не выявлена (32, цит. по 20) (RBC3 — свободно спариваемая популяция, тождественная RBC1 и RBC2, однако поголовье RBC3 не использовалось при формировании линий E, F и FL). В другой работе (20) ранжирование следующее: E (644 ч) > RBC1 (641 ч), FL (652 ч) > F (640 ч). Причем если у E средняя масса яйца до инкубации равнялась 68,4 г, что на 27,9 % меньше, чем у RBC1, то у FL и F она примерно одинакова (98,8 и 98,2 г). Отметим, что увеличение времени инкубации у E происходило за счет одной из стадий перинатального периода: при незначительных различиях в продолжительности I стадии у всех линий и исходных популяций (8,5-11,3 ч) II стадия у E примерно в 2 раза длиннее, чем у остальных генотипов (соответственно 30,0 и 15,5-18,3 ч). Выведено суммарное уравнение, описывающее взаимосвязь между длительностью инкубации (ДИ, ч), массой яйца (МЯ, г) и живой массой при достижении 50 % продуктивности (МТ, г) у индюшек: $ДИ = 635,4 ч + 0,17 ч/МЯ - 0,62 ч/МТ$. По мнению авторов (20, 32), время инкубации индюшиных яиц существенно увеличивается вследствие генетической селекции на повышение яичной продуктивности, однако при отборе на мясную продуктивность оно изменяется незначительно.

В ряде работ установлено влияние генов, сцепленных с половой хромосомой, и специфический родительский эффект в отношении показателей воспроизводительной функции в результате селекции на продуктивность. Так, изучено качество спермы у 50-го поколения индюков из линии F и исходной популяции RBC2 при разных отцовских и материнских родительских формах. То же исследовали у линии, в которой в течение двух последовательных лет проводили отбор на увеличение яичной продуктивности (ЯП), и ее исходной популяции RBC1, а также их соответствующих реципрокных кроссов (35). Качество сперматозоидов, оцениваемое по числу отверстий, образуемых в перивителлиновой мембране яйцеклетки, различалось. При спаривании производителей RBC1 и ЯП «в себе» этот показатель составил соответственно 25,5 и 38,7 отв/0,5 мм², у реципрокных кроссов RBC1 × ЯП и ЯП × RBC1 — соответственно 48,8 и 28,3 отв/0,5 мм². Показатели оплодотворенности и выводимости яиц также оказались лучше у кросса RBC1 × ЯП — 87,9 и 80,9 % против, например, 78,8 и 70,3 % в варианте ЯП × RBC1. У чистой линии F, отбираемой на увеличение живой массы, оплодотворенность и выводимость яиц составили всего 71,1 и 64,7 %. Они оказались наименьшими по сравнению с таковыми в остальных испытанных комбинациях, а лучшие значения зафиксированы у кросса F × RBC2 (соответственно 83,6 и 73,8 %). Следовательно, если отбор ведется на повышенную яичную продуктивность, то у индюков именно материнская форма играет ведущую роль в механизмах контроля за гидролизом цитомембраны яйцеклеток, их оплодотворяемостью и эмбриональной смертностью, тогда как при отборе на увеличение живой массы указанные процессы контролируются геномами обоих родителей.

Масса яиц от индюшек линии E × E и от реципрокного кросса RBC1 × E как до закладки в шкаф, так и на 25-е сут инкубации оказалась

меньше по сравнению с показателями у RBC1 × RBC1, а у F × F — больше, чем у RBC2 × RBC2 (10). На 21-е и 25-е сут инкубации и к выводу масса эмбрионов без желтка и масса остаточного желтка у E × E и RBC1 × E были практически равны, но достоверно меньше, чем в варианте RBC1 × RBC1. На 19-е, 23-и и 26-е сут инкубации закономерность динамики по массе эмбрионов без желтка соответствовала таковой по массе яйца. Таким образом, масса яиц и эмбриональное развитие потомков в значительной степени определяются материнским геномом.

Метаболизм эмбрионов и результаты инкубации. Обсуждаемые результаты доказывают существенное влияние отбора птицы по признакам яичной и мясной продуктивности на качество яиц, метаболизм зародыша и результаты инкубации (табл. 1 и 2). Значение этой проблемы, особенно для бройлеров, очевидно, если принять во внимание, что продолжительность эмбрионального развития у высокопродуктивных гибридов составляет в среднем 50 % времени от момента оплодотворения яйцеклетки до сдачи на убой цыпленка, достигшего живой массы 2,3-2,4 кг.

Эмбрионы мясных кроссов Ross и Cobb развиваются неодинаково. У Cobb при менее продолжительной инкубации у яиц снижена интенсивность обмена газов, в том числе кислорода, необходимого для окисления жира, который расходуется на образование энергии. У эмбрионов как кур, так и индюков имеет место аллометрический рост органов, играющих ключевые роли в обеспечении жизнедеятельности. Следует отметить, что наблюдаемые при этом закономерности неодинаковы у генотипов, полученных при селекции по признакам мясной и яичной продуктивности.

1. Особенности метаболизма у эмбрионов мясных кроссов кур Ross и Cobb

Показатель	Ross	Cobb	Ссылка
Потери массы яйца за 18 сут инкубации, %	14,26	13,02	(22, 23)
Ассимиляция O ₂ , мл за 16 сут	763,8	744,8	(21, 22)
Выделение CO ₂ , мл за 16 сут	486,4	477,8	(21, 22)
Выделение метаболического тепла, мВт за 16 сут	172,14	167,38	(21, 22)
Температура на поверхности скорлупы на 18-е сут, °C	У Ross на 0,26-0,38 ниже, чем у Cobb (22)		
Сердечный ритм у 17-суточных эмбрионов, сокр/мин	284	275	(26)
pCO ₂ в воздушной камере на I стадии перинатального периода, мм рт. ст.	49,46±1,89	53,75±2,48	(23)
Продолжительность инкубации, ч	486	484	(22, 23)

2. Влияние селекции индюков на показатели метаболизма у эмбрионов

Показатель	Отбор по признакам						Ссылка
	продуктивности				ширины плюсны		
	яичной		мясной				
	1	2	3	4	5	6	
Время достижения I стадии перинатального периода, ч	622	621	622	622			(29)
Продолжительность I стадии перинатального периода, ч	8,5	10,6	11,3	10,9			(29)
Продолжительность II стадии перинатального периода, ч	30,0	15,5	18,3	16,7			(29)
Сердечный ритм у 25-суточных эмбрионов, сокр/мин	230	219	207	214			(32)
Продолжительность инкубации, ч	651	638	649	647	653	649	(28)
	644	641			652	640	(29)
Вывод молодняка, %:							
при 37,5 °C	70,3	60,5	55,1	43,9			(31)
при 36,8 °C	61,3	63,7	59,7	49,2			(31)

Примечание. 1 — линия E, 2 — исходная популяция RBC1, 3 — линия F, 4 — исходная популяция RBC2, 5 — линия FL, 6 — исходная линия F.

Выявлен феномен дивергентного изменения ритма сердца вследствие селекции яичных и мясных линий у индюков, а также у мясных кур разных кроссов. Причем если для эмбрионов высокопродуктивных кроссов бройлеров характерна относительная гипертензивная брадикардия, то у яичных кроссов кур диагностируется гипотензивная брадикардия (36). У эмбрионов индюков в линии E, отбираемой на увеличение яичной про-

дуктивности, зафиксировано увеличение числа сокращений сердца, уменьшение его относительной массы, а также накопление больших запасов гликогена в миокарде, чем у исходной популяции RBC1 (34), что служит индикатором развивающейся кардиомиопатии (37).

Следовательно, интенсивная селекция на увеличение мясной и яичной продуктивности повлияла не только на скорость постнатального роста, но и на характер эмбриогенеза и метаболизм зародыша, которые определяются активностью биосинтеза в тканях, что, в свою очередь, зависит от доступности питательных веществ и O_2 в период инкубации (38). При этом отмечают следующие основные отличия эмбриогенеза от такового в исходных популяциях и после дивергентного отбора: снижение проницаемости скорлупы яиц для влаги, газов и тепла; разное количество образующегося метаболического тепла; аллометрический рост сердца, печени и почек; нарушения ритма работы сердца и энергетического обмена миокарда; изменение состояния нейроэндокринной системы и длительности эмбриогенеза. Для компенсации сформировавшихся особенностей метаболизма протеин мышц у эмбрионов начинает использоваться в качестве источника энергии, что ингибирует их рост и развитие и, соответственно, затрудняет процесс вывода. Из-за образующегося дефицита протеина происходит недоразвитие иммунной системы. Ухудшение состояния миокарда провоцирует метаболические синдромы в период активной жизни цыплят, в том числе асцит. Переключение метаболизма эмбрионов на анаэробное окисление углеводов вызывает образование молочной кислоты, что приводит к расстройству опорно-двигательного аппарата цыплят в течение первых суток жизни.

Антагонизм между воспроизводством и продуктивностью сельскохозяйственной птицы свидетельствует о негативном влиянии селекции по признакам продуктивности на репродуктивную функцию (39). Его причины связывают с тем, что одни и те же гены или гены, расположенные очень близко друг к другу, участвуют в контроле как репродуктивной, так и продуктивной функций. У кур породы белый леггорн к ним относятся гены PRL, NCKX1, NRF1, LHX2 и SFRP1, экспрессия которых ассоциируется с яичной продуктивностью, качеством яиц, ростом и устойчивостью к болезням (40). Степень и характер влияния селекции по показателям продуктивности на эмбриогенез зависят от направления отбора, собственно признака, возраста производителей, условий кормления и др.

Проблему ухудшения репродуктивной функции у высокопродуктивных генотипов мясной и яичной продуктивности целесообразно решать, корректируя набор признаков, по которым ведется отбор, и рациона поголовья в родительском стаде, а также оптимизируя технологии инкубации. Селекция птицы на увеличение яичной продуктивности, в основном по массе и числу яиц, негативно влияет на характеристики их качества, особенно скорлупы и белка (41, 42). И наоборот, отбор по показателям качества снижает яичную продуктивность. Так, доказано (43), что селекция на увеличение прочности скорлупы обуславливает уменьшение числа сносимых яиц. Качество яиц изменяется также в результате селекции на увеличение живой массы (44-48). Согласно данным анализа продуктивности у пяти поколений генетически чистых экспериментальных линий яичных кур (49), увеличение частоты появления двухжелтковых яиц и в меньшей степени пороков скорлупы генетически ассоциируется с массой яиц и живой массой несушек. Установлено, что толщина скорлупы куриных яиц положительно коррелирует с массой яиц, а высота белка — с его массой (50). S.R. Shi с соавт. (51), обнаружив взаимосвязь массы яиц и ряда показателей их качества (индекс формы, толщина скорлупы, относительная масса желтка и

белка, высота белка, единицы Хау), считают целесообразным одновременный отбор по этим признакам. При селекции яичных кур на повышение конверсии корма и улучшение аминокислотного состава яичного протеина следует проводить оценку и отбор кур-матерей на увеличение плотности белка яиц (7). Обнаружена возможность одновременного улучшения массы яиц и ряда их качественных признаков у яичных перепелов посредством отбора в родительском стаде на увеличение живой массы (42). Выявлена положительная корреляция живой массы в 5-, 6-, 12-недельном возрасте с массой яиц и их скорлупы, абсолютной и относительной массой белка, его высотой и индексом, высотой и массой желтка (r от 0,12 до 0,78) и отрицательная — с относительной массой желтка (r от -0,17 до -0,48). То есть в селекционный индекс следует включить не только массу тела, число и массу яиц, но и показатели качества, в том числе толщину и прочность скорлупы.

У высокопродуктивных яичных кроссов формирование скорлупы яиц может в зависимости от уровня и периода продуктивности частично обеспечиваться за счет кальция костей скелета. Так, при изучении 13 промышленных кроссов и 12 традиционных пород яичных кур выявлено, что первые созревали раньше и были более продуктивными (52). В крупных яйцах от них отмечали лучшее качество белка (соответственно 76,8 и 74,2 ед. Хау), но менее окрашенный желок. У 30-недельных несушек обеих категорий не обнаружено различий в показателях прочности и плотности костей, но в возрасте 55 нед у традиционных пород по сравнению с промышленными кроссами состояние скелета было лучше. У несушек интенсивный расход кальция на образование скорлупы необходимо компенсировать посредством оптимизации рациона, причем не только за счет увеличения содержания кальция, но также изменяя его соотношение с фосфором, контролируя содержание натрия, ряда микроэлементов, витаминов, учитывая период яичной продуктивности, состояние окружающей среды и др. (53).

Справедливо мнение ряда исследователей о том, что каждый кросс — это изменения в технологии инкубации. Следует адаптировать режим искусственной инкубации яиц к особенностям биологии развития современных высокопродуктивных линий и кроссов птицы в пренатальный период (26, 33, 54-57). Подтверждением этого служат данные об увеличении на 26 % продукции метаболического тепла у эмбрионов мясного кросса Ross 308 в процессе селекции по сравнению с традиционной мясной породой голландская голубая (58). Если не учитывать такие различия (например, у эмбрионов кросса Cobb 700 по сравнению с Cobb 500 или Ross 708 относительно Ross 308), то будет происходить гипертермия с нарушениями эмбриогенеза и выводом цыплят, предрасположенных к развитию синдромов асцита, иммунодефицита и др. (26).

У птицы, несущей яйца с белой и окрашенной скорлупой, при инкубации следует принимать во внимание существенные различия эмбриогенеза. Так, при его сопоставлении у кур Loghmann White (LW) и Loghmann Brown (LB) показана разная кинетика акустического резонанса (59). Величина рН белка и его масса были сниженными у LB по сравнению с LW соответственно на 8-е и 14-16-е сут. Практически весь эмбриогенез у LB происходил интенсивней, и время инкубации сокращалось на 7 ч.

В заключение подчеркнем, что рассматриваемая проблема изучена не в полной мере. Так, не ясны закономерности корреляционных зависимостей между биосинтетическими процессами в тканях и образованием метаболического тепла, а также его выделением из инкубируемых яиц. Неожиданностью стал тот факт, что у кросса Ross 508 при инкубации выделяется меньше тепла (хотя и незначительно), чем у кросса Ross 308, то-

гда как считается, что у эмбрионов мясных («филейных») кроссов теплообмен происходит активнее (56). Требуют изучения механизмы, обуславливающие ухудшение проницаемости скорлупы яиц для газов и тепла, особенности функционирования щитовидной железы в перинатальный период и др. Целесообразно обратить внимание на то, что эмбриогенез у специализированных кроссов и свободно спаривающихся исходных популяций существенно различается не только при одинаковых условиях инкубации. Обнаружено несходство реакций у зародышей соответствующих генотипов при гипо- и гипертермии, а также при изменении рационов у производителей, то есть на провокационном фоне. При гармонизации технологии искусственной инкубации яиц с биологией развития высокопродуктивной гибридной птицы надлежит учитывать состояние нейроэндокринной системы несушек в период яйцекладки и неодинаковую стрессоустойчивость у особей, отбираемых по признакам продуктивности (60). У несушек со сниженной стрессотолерантностью в кровь выделяются соответствующие гормоны, негативно влияющие на качество яиц и накапливающиеся в их дейтоплазме, что, в свою очередь, вызывает нарушения метаболизма у потомства, причем как в период эмбриогенеза, так и после вывода (61).

Еще один важный вопрос — зависимость степени контаминации яиц микрофлорой от генотипа и способа содержания несушек, что необходимо учитывать в практике ветеринарного обслуживания птицеводческих предприятий. Например, при содержании в стандартных клетках скорлупа яиц наиболее контаминирована аэробными микроорганизмами у кур кросса Ну-Line Silver Brown (4,57 lg КОЕ/мл) по сравнению с Ну-Line Brown и полосатыми плимутроками (соответственно 4,01 и 4,05 lg КОЕ/мл (62). На скорлупе яиц от Ну-Line Brown и Ну-Line Silver Brown зафиксировано наименьшее число энтеробактерий при использовании традиционных клеток (соответственно 0,36 и 0,23 lg КОЕ/мл), тогда как при альтернативной технологии содержания оно значительно больше (63).

Итак, генетическая селекция на повышение яичной и мясной продуктивности привела к расстройствам репродуктивной функции у гибридной птицы. Обнаружены изменения массы яиц, соотношения ингредиентов и состава дейтоплазм, проницаемости скорлупы, состояния вителлиновой мембраны. Направленный отбор обусловил различия в эмбриогенезе даже у генотипов, отбираемых по признакам продуктивности одного вида. Так, термотолерантность у разных кроссов бройлеров неодинакова, причем изменения обнаруживаются уже через одно-два поколения отбора. В результате снижается выводимость яиц, качество получаемого молодняка. Необходим комплексный подход к решению этой проблемы, включая сочетание отбора по признакам продуктивности и показателям качества яиц. Целесообразно дифференцировать условия содержания и кормления птицы разных генотипов, в том числе одного и того же направления продуктивности, а также адаптировать технологию искусственной инкубации яиц к особенностям биологии высокопродуктивной гибридной птицы в зависимости от направления использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cheng H.W., Muir W.M. Mechanisms of aggression and production in chickens: genetic variations in the functions of serotonin, catecholamine, and corticosterone. *World's Poultry Science Journal*, 2007, 63(2): 233-254.
2. Фисинин В.И., Тучемский Л.И., Саламатин А.В., Журавлев И.В., Долгорукова А.М. Изменчивость относительной массы желтка как основа для повышения воспроизводства у мясных кур при сохранении высокой скорости роста цыплят-

- бройлеров. *Сельскохозяйственная биология*, 2008, 6: 33-39.
3. Сурай П., Фисинин В.И. Современные методы борьбы со стрессами в птицеводстве: от антиоксидантов к витагенам. *Сельскохозяйственная биология*, 2012, 4: 3-12.
 4. Hoffman J.B., Benson A.P., Christensen V.L., Fairchild B.D., Davis A.J. Follicular development and expression of the messenger ribonucleic acid for the inhibin/activin subunits in two genetic lines of turkey hens that differ in total egg production. *Poult. Sci.*, 2007, 86(5): 944-952.
 5. Журавлев И.В., Долгорукова А.М., Саламатин А.В. Относительная масса яичного желтка и усвоение аминокислот эмбрионами мясных кур. Доклады РАСХН, 2005, 5: 33-36.
 6. Забудский Ю.И. Особенности биологии развития цыплят в выводном инкубаторе. *Птицеводство*, 2004, 2: 13.
 7. Станишевская О.И. Повышение генетического потенциала кур по продуктивным и адаптивным признакам на основе отбора по качественным характеристикам яиц и при оптимизации условий раннего онтогенеза. Автореф. докт. дис. СПб, 2010.
 8. Дядичкина Л., Цилинская Т., Позднякова Н., Мелехина Т. Инкубационные качества яиц высокопродуктивных кроссов. *Птицеводство*, 2011, 1: 25-27.
 9. Паронян И., Шабанова С., Попов И., Васильева Л., Макарова А. Качество яиц малочисленных пород, новых популяций кур и промышленных кроссов. *Птицеводство*, 2012, 5: 2-4.
 10. Lilburn M.S., Antonelli A. The effects of genotype on embryonic development in eggs from divergent turkey genotypes. *Poult. Sci.*, 2012, 91(4): 823-828.
 11. Lourens A., van Middelkoop J. Embryo temperature affects hatchability and growth performance of broilers. *Avian Poultry Biological Review*, 2000, 11: 299-301.
 12. Забудский Ю.И., Киселев Л.Ю., Делян А.С., Камалов Р.А., Голикова А.П., Федосеева Н.А., Мышкина М.С. Термотолерантность сельскохозяйственной птицы: обзор. *Проблемы биологии продуктивных животных*, 2012, 1: 5-16.
 13. Забудский Ю.И., Голикова А.П., Федосеева Н.А. Повышение термотолерантности сельскохозяйственной птицы с помощью теплового тренинга в пренатальный период онтогенеза (обзор). *Сельскохозяйственная биология*, 2012, 4: 14-21.
 14. Deeb N., Sahaner A. Genotype-by-environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate. 3. Growth rate and water consumption of broiler progeny from weight-selected versus non selected parents under normal and high ambient temperatures. *Poult. Sci.*, 2002, 81(3): 293-301.
 15. Shaver M.F., Moreng R.E. Hypothermal stress resistance in the domestic fowl: 1. Evidence of genetic variability. *Poult. Sci.*, 1971, 50(3): 890-894.
 16. Pereira D., Vitorasso G., Oliveira S., Kakimoto S., Togashi C., Soares N. Correlations between thermal environment and egg quality of two layer commercial strains. Brazil. *J. Poult. Sci.*, 2008, 10(2): 81-88.
 17. Scheideler S.E., Jaroni D., Froning G. Strain and age effects on egg composition from hens fed diets rich in n-3 fatty acids. *Poult. Sci.*, 1998, 77(2): 192-196.
 18. Lindgren I., Altimiras J. Sensitivity of organ growth to chronically low oxygen levels during incubation in red jungle fowl and domesticated chicken breeds. *Poult. Sci.*, 2011, 90(1): 126-135.
 19. Christensen V.L., Havenstein G.B., Davis G.S. Egg characteristics, carbohydrate metabolism, and thyroid hormones in late chick embryos from different genetic lines. *Poult. Sci.*, 1995, 74(3): 551-562.
 20. Christensen V.L., Noble D.O., Nestor K.E. Influence of selection for increased body weight, egg production, and shank width on the length of the incubation period of turkeys. *Poult. Sci.*, 2000, 79(5): 613-618.
 21. Коршунова Л.Г. Трансгенез и экспрессия генов у сельскохозяйственной птицы. Автореф. докт. дис. М., 2012.
 22. McNabb A.F.M., Dunnington E.A., Siegel P.B., Suvarna S. Perinatal thyroid hormones and hepatic 5'-deiodinase in relation to hatching time in weight-selected chickens. *Poult. Sci.*, 1993, 72(9): 1764-1771.
 23. Liu Z., McBride B.W., Lirette A., Chambers J.R. Characterization of embryonic oxygen consumption of two broiler chicken lines differing in body fat content. *Can. J. Animal Sci.*, 1995, 75(1): 115-119.
 24. Nyankova L., Starosta F. Divergent selection for shape of growth curve in Japanese quail. 6. Hatching time, hatchability and embryo mortality. *Br. Poult. Sci.*, 2012, 53(5): 592-598.
 25. Hamidu J.A., Fasenko G.M., Feddes J.J.R., O'Dea E.E., Ouellette C.A., Wineland M.J., Christensen V.L. The effect of broiler breeder genetic strain and parent flock age on eggshell conductance and embryonic metabolism. *Poult. Sci.*, 2007, 86(11): 2420-2432.
 26. Meijerhof R. Different breeds demand different incubation measures [Электронный ресурс] *World Poultry*, 2011, 27(5) (<http://www.aviculture-europe.nl/nummers/11E06A06.pdf>).
 27. Tona K., Onagbesan O.M., Kamers B., Everaert N., Bruggeman V., De-

- cuypere E. Comparison of Cobb and Ross strains in embryo physiology and chick juvenile growth. *Poult. Sci.*, 2010, 89(8): 1677-1683.
28. Kemps B.J., De Ketelaere B., Bamelis F.R., Decuypere E.M., De Baerdemaeker J.G. Vibration analysis on incubating eggs and its relation to embryonic development. *Biotechnology Progress*, 2003, 19(3): 1022-1025.
 29. Fasenko G., Robinson F. An examination of the incubation profiles and hatched chick weights of three broiler breeder genetic pure lines. *Poult. Sci.*, 2000, 79 (Suppl. 1): S182.
 30. Druyan S. The effects of genetic line (broilers vs layers) on embryo development. *Poult. Sci.*, 2010, 89(7): 1457-1467.
 31. Janke O., Tzschentke B., Boerjan M. Heat production and body temperature in embryos of modern chicken breeds. Book of Abstracts of XXII World's Poultry Congress. Istanbul, 2004: 233.
 32. Noble D. The effects of selection and genotype by environment interactions on performance, behavior, and well-being of turkeys. Ph.D. Dissertation. The Ohio State University, Columbus, OH, 1996 (цит. по ссылке 20).
 33. Christensen V.L., Davis G., Nestor K.E. Environmental incubation factors influence embryonic thyroid hormones. *Poult. Sci.*, 2002, 81(4): 442-450.
 34. Christensen V.L., Ort D.T., Nestor K.E., Havenstein G.B., Velleman S.G. Genetic control of embryonic cardiac growth and functional maturation in turkeys. *Poult. Sci.*, 2008, 87(5): 858-877.
 35. Christensen V.L., Fairchild B.D., Ort D.T., Nestor K.E. Dam and sire effects on sperm penetration of the perivitelline layer and resulting fecundity of different lines of turkeys. *The Journal of Applied Poultry Research*, 2005, 14(3): 483-491.
 36. Crossley D.A., Altimiras J. Effect of selection for commercially productive traits on the plasticity of cardiovascular regulation in chicken breeds during embryonic development. *Poult. Sci.*, 2012, 91(10): 2628-2636.
 37. Mirsalimi S.M., Qureshi F.S., Julian R.J., O'Brien P.J. Myocardial biochemical changes in furzaolidone induced cardiomyopathy in turkeys. *Journal of Comparative Pathology*, 1990, 102(2): 139-147.
 38. Hulet R., Meijerhof R. Multi- or single-stage incubation for high-meat yielding broiler strains. Proc. Southern Poultry Science and Southern Conference of Avian Diseases. Atlanta, 2001: 35.
 39. EFSA panel on animal health and welfare: scientific opinion on the influence of genetic parameters on the welfare and the resistance to stress of commercial broilers. *EFSA Journal*, 2010, 8(7): 1666.
 40. Li D., Liu W., Liu J., Yi G., Lian L., Qu L., Li J., Xu G., Yang N. Whole-genome scan for signatures of recent selection reveals loci associated with important traits in White Leghorn chickens. *Poult. Sci.*, 2012, 91(8): 1804-1812.
 41. Silversides F.G., Scott T.A. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poult. Sci.*, 2001, 80(8): 1240-1245.
 42. Lotfi E., Zerehdaran S., Raoufi Z. Genetic properties of egg quality traits and their correlations with performance traits in Japanese quail. *Br. Poult. Sci.*, 2012, 53(5): 585-591.
 43. Nirasawa K., Takahashi H., Takeda H., Furukawa T., Takeda T., Nagamine Y. Restricted maximum likelihood estimates of genetic parameters and genetic trends of chickens divergently selected for eggshell strength. *J. Anim. Breed. Genet.*, 1998, 115(1-6): 375-381.
 44. Nestor K.E., Bacon W.L., Lambio A.L. Divergent selection for egg production in *Coturnix coturnix Japonica*. *Poult. Sci.*, 1983, 62(8): 1548-1552.
 45. Minvielle F., Oguz Y. Effects of genetics and breeding on egg quality of Japanese quail. *World's Poultry Science Journal*, 2002, 58(3): 291-295.
 46. Saatci M., Omed H., Dewi I.A. Genetic parameters from univariate and bivariate analyses of egg and weight traits in Japanese quail. *Poult. Sci.*, 2006, 85(2): 185-190.
 47. Sezer M. Heritability of exterior egg quality traits in Japanese quail. *Journal of Applied Biological Sciences*, 2007, 2(1): 37-40.
 48. Hidalgo A., Martins E., Santos A., Quadros T., Ton A., Teixeira R. Genetic characterization of egg weight, egg production and age at first egg in quails. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2011, 40(1): 95-99.
 49. Wolc A., Arango J., Settari P., O'Sullivan N.P., Olori V.E., White M.S., Hill W.G., Dekkers J.C.M. Genetic parameters of egg defects and egg quality in layer chickens. *Poult. Sci.*, 2012, 91(6): 1292-1298.
 50. Begli H.E., Zerehdaran S., Hassani S., Abbasi M.A., Ahmadi A.R. Heritability, genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in Iranian native fowl. *Br. Poult. Sci.*, 2010, 51(6): 740-744.
 51. Shi S.R., Wang K.H., Dou T.C., Yang H.M. Egg weight affects some quality traits of chicken eggs. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2009, 7: 432-434.
 52. Hocking P., Bain M., Channing C., Fleming R., Wilson S. Genetic variation for egg production, egg quality and bone strength in selected and traditional breeds of laying fowl. *Br. Poult. Sci.*, 2003; 44(3): 365-373.
 53. Кавтарашвили А.Ш., Имангулов Ш.А., Околелова Т.М. Возможные решения проблемы качества скорлупы яиц на птицефабриках. *Птица и птицепродукты*, 2003, 4: 22.
 54. Забудский Ю.И., Грихина Н.В. Стресс-устойчивость рано и поздно вылупившихся цыплят разного пола в зависимости от продолжительности пребывания в инкуба-

- торе. Сельскохозяйственная биология, 2002, 6: 80-84.
55. Забудский Ю.И. Повышение адаптации бройлеров к интенсивной технологии откорма посредством охлаждения инкубируемых яиц с прогрессивно увеличивающейся экспозицией. Сельскохозяйственная биология, 1993, 4: 69-74.
 56. Бурьян М. Каждый новый кросс — это изменения в технологии инкубации. Птицеводство, 2005, 4: 46-47.
 57. Забудский Ю.И., Шувалова М.В. Увеличение термотолерантности цыплят-бройлеров посредством теплового тренинга в период эмбриогенеза. Мат. XVII Межд. конф. Всемирной научной ассоциации по птицеводству (15-17 мая 2012 года). Сергиев Посад, 2012: 240-242.
 58. Van der Wiebe S.L. We have the future of hatchery technology at our fingertips. World Poultry, 2004, 10: 24-26.
 59. Tona K., Agbo K., Kamers B., Everaert N., Willemsen H., Decuyper E., Gbeassor M. Comparison of Lohmann White and Lohmann Brown strains in embryo physiology. Int. J. Poult. Sci., 2010, 9(9): 907-910.
 60. Cheng H., Muir W.M. The effects of genetic selection for survivability and productivity on chicken physiological homeostasis. World's Poultry Science Journal, 2005, 61(3): 383-397.
 61. Schmidt J., Andree R., Davis K., Treese S., Satterlee D. Influence of maternal corticosterone treatment on incubation length of eggs laid by Japanese quail hens selected for divergent adrenocortical stress responsiveness. Br. Poult. Sci., 2009, 50(6): 739-747.
 62. Jones D., Anderson K. Housing system and laying hen strain impacts on egg microbiology. Poult. Sci., 2013, 92(8): 2221-2225.
 63. European Commission. Council Directive 1999/74/EC of 19 July 1999: Minimum standards for the protection of laying hens. Off. J. Eur. Communities, 1999, L203: 53-57.

ФГБОУ ВПО Российский государственный аграрный заочный университет,
143900 Россия, Московская обл., г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, 1,
e-mail: zabudsky@hotmail.com

Поступила в редакцию
29 ноября 2012 года

REPRODUCTIVE FUNCTION IN HYBRID POULTRY. I. AN IMPACT OF BREEDING FOR PRODUCTIVITY TRAITS (review)

Yu.I. Zabudskii

Russian State Agrarian Correspondence University, 1, ul. Yu. Fuchika, Balashikha, Moscow Province, 143900 Russia,
e-mail zabudsky@hotmail.com
Received November 29, 2012

doi: 10.15389/agrobiology.2014.4.16eng

Abstract

In the lines and crosses of modern hybrid poultry bred for high yielding the metabolic disorders are indicated resulting in a number of syndromes, particularly ascites, heart pathology, sudden death, laying termination, disturbances of locomotory functions, declined stress tolerance, more aggressive behavior and cannibalism, etc. The adaptation mechanisms and resistance to external factors are depressed, and as a result, a reduced survivability occurs. The reproduction and the parameters of egg or meat yield are misbalanced. Changes are observed in egg mass, in the rate and composition of egg components and eggshell permeability, and also in the vitelline membrane. Selection for the same type of productivity leads to a significantly heterogenic embryogenesis. Starting from the second or third selected generation, a thermotolerance of embryos differs between the crosses. At that, different thermo tolerance of embryos is characteristic for both the genetic lines selected for definite productive traits and the individuals from free coupling population. In turkeys, the breeding for increased egg production leads to longer egg incubation, whereas the meat production as a selection criterion has no pronounced effect on incubation period. The main peculiarities of embryogenesis in high-yield hybrids when compared to the initial population are as follows: time to complete embryogenesis differs, the eggshell permeability changes, the metabolic heat production differs, the allometric growth of heart, liver and kidneys occurs, the cordial rhythm and energy exchange in the myocardium are disordered, the neurohumoral functions are modified. It is shown the influence of sex-linked genes and a specific parental effect on reproductive function in the crosses bred for yielding parameters. As a possible ways to correct these negative effects, i) the combination of traits used for breeding should be revised, ii) the rations of parental poultry should be optimized and iii) the technological parameters of egg incubation should be adjusted for different genotypes with respect to their ontogenetic specificity.

Keywords: poultry, genotype, breeding, productivity, egg incubation, embryo metabolism, technological parameters of egg incubation.