А.Ш. КАВТАРАШВИЛИ
О.О. ГОЛОВКИНА
А.В. ЧЕКАЛЕВА

Научные основы продления срока продуктивного использования кур

ВОЛОГДА • 2020

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«ВОЛОГОДСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

Кавтарашвили А.Ш., Головкина О.О., Чекалева А.В.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА ПРОДУКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУР

ВОЛОГДА
2020

УДК 636.5
ББК 46.82
К12

Одобрено Ученым советом СЗНИИМЛПХ — обособленного подразделения ФГБУН ВолНЦ РАН

К12 Кавтарашвили А.Ш. Научные основы продления срока продуктивного использования кур : монография / А.Ш. Кавтарашвили, О.О. Головкина, А.В. Чекалева. – Вологда : ВолНЦ РАН, 2020. – 159 с.

В монографии на основании обширного литературного материала авторы приводят особенности физиологического и анатомического строения организма кур; генетические и физиологические факторы, ограничивающие продление срока продуктивного использования кур; товарные и физико-химические показатели качества яиц; устойчивость яйцекладки кур современных кроссов в первом биологическом цикле как критерий возможности продления срока их продуктивного использования; обзор технологических приемов продления сроков продуктивного использования кур; особенности формирования нового цикла яйцекладки кур путем принудительной линьки. Опираясь на результаты собственных исследований, дают научное обоснование продления срока продуктивного использования кур-несушек путем применения принудительной линьки и без нее; приводят методики расчета экономической эффективности продленной эксплуатации кур и регулирования сроков продуктивного использования птицы.

Монография предназначена для специалистов птицеводческих предприятий, научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, студентов сельскохозяйственных вузов.

УДК 636.5
ББК 46.82

Рецензенты:
Османян А.К.
доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Буяров В.С.
доктор с.-х. наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»

ISBN 978-5-93299-469-6

© Кавтарашвили А.Ш., Головкина О.О., Чекалева А.В., 2020
© ФГБУН ВолНЦ РАН, 2020

Оглавление

Введение…….....5

1. Резервы для успешного и продолжительного продуктивного использования кур-несушек.…..……...…….....7

1.1. Некоторые особенности физиологического и анатомического строения организма кур-несушек……7

1.2. Генетические и физиологические факторы, ограничивающие продление срока продуктивного использования кур-несушек….…….....11

1.3. Товарные и физико-химические показатели качества яиц……15

1.4. Устойчивость яйцекладки в первом биологическом цикле как критерий возможности продления срока их продуктивного использования кур-несушек…….19

1.5. Технологические приемы продления срока продуктивного использования кур-несушек…….20

1.6. Контроль за формированием нового цикла яйцекладки……...21

2. Экономические основы продления срока продуктивного использования кур….56

2.1. Методика расчета экономической эффективности продленного использования кур……..56

2.2. Регулирование срока продуктивного использования кур……..57

Выводы…….……..…….…….....59

3. Научное обоснование продления срока продуктивного использования кур-несушек без принудительной линьки……...61

3.1. Материал, методы и условия проведения научных исследований ……...61

3.2. Влияние различных сроков продуктивного использования кур-несушек на их жизнеспособность, продуктивность и качество яиц….……..66

3.3. Определение рационального срока продуктивного использования кур промышленного стада без принудительной линки при изменении содержания кальция и фосфора в рационе……...78

3.4. Производственное испытание технологии продленного продуктивного использования кур-несушек без принудительной линьки……...88

Выводы……..……..…….….93

4. Научное обоснование продления срока продуктивного использования кур-несушек путем принудительной линьки…….…….....95

4.1. Материал, методы и условия проведения научных исследований ……...95

4.2. Определение основных критериев проведения принудительной линьки кур и разработка общих методических принципов её регулироваия……..101

4.3. Разработка режима прерывистого освещения в период принудительной линьки и во втором цикле продуктивности кур……...103

4.4. Влияние продленного использования кур-несушек кросса «Хайсекс коричневый» с применением принудительной линьки и без нее на их жизнеспособность и продуктивность…….……..105

4.5. Влияние продленного использования кур-несушек кросса «Хайсекс белый» с применением и без применения принудительной линьки на их жизнеспособность и продуктивность ……..……..123

Заключение…….…….....138

Список литературы……...….....142

Введение

Одну из актуальных проблем промышленного птицеводства представляет продление продуктивного периода использования кур-несушек. Этот вопрос имеет важное технологическое и экономическое значение. Современные технологии содержания кур служат результатом многочисленных исследований, направленных на максимальное использование физиологических возможностей птицы приспосабливаться к изменяющимся условиям и на достижение конечной цели – повышения ее продуктивности.

Однако границы физиологической адаптации каждой несушки в основном определены генетически, хотя и могут быть «раздвинуты» под воздействием определенных факторов [11]. Следовательно, в организме птицы скрываются биологические резервы сохранения продуктивных качеств в неблагоприятных условиях среды. При различных нарушениях рекомендуемых параметров кормления и содержания кур снижается эффективность использования корма, его конверсия в продукцию. Естественно, уровень незадействованных резервов обмена веществ в организме возрастает. Разница в условиях содержания порождает и разницу в продуктивности кур одного и того же кросса. Прежде всего, биологические резервы птицы следует использовать для сохранения ее способности продуцировать в промышленных условиях содержания, не застрахованных от всевозможных срывов (отключение света, воды, поломка линии кормораздачи и пр.).

Разработан ряд программ и мероприятий, позволяющих птицеводческим предприятиям повышать эффективность производства продукции и избегать значительных убытков при возникновении экстремальных ситуаций, непосредственно затрагивающих птицу.

До недавнего времени птицеводство страны было ориентировано на одногодичное использование кур промышленного и родительского стад. Это обусловлено потребностью в быстром увеличении производства яиц. При плановых ценах на продукцию не было большой заинтересованности производителей в снижении ее себестоимости. В связи с переходом к рыночной экономике положение птицеводческих хозяйств значительно осложнилось. Повышение цен на комбикорма, энергоресурсы, ветеринарные препараты, кормовые добавки и отсутствие средств на их приобретение и другие негативные факторы повлекли за собой ухудшение качества ремонтного молодняка, рост затрат на его выращивание, снижение жизнеспособности и продуктивности кур, качества яиц. В результате многие птицефабрики страны выращивают ремонтный молодняк в 1,5 раза больше нормы. Сроки эксплуатации яичных кур-несушек родительского и промышленного стад сократились до 8–9 месяцев. Все перечисленные выше

причины привели к резкому снижению экономической эффективности яичного птицеводства. В нормальных рыночных условиях даже при низких ценах на яйца минимальный срок эксплуатации несушек должен составлять 12 месяцев.

Анализ тенденций в промышленном птицеводстве показывает, что современные кроссы кур сохраняют резервы для их успешной эксплуатации в течение 2-го и 3-го циклов яйцекладки. С позиции рыночной экономики технология одногодичной эксплуатации кур менее эффективна, чем двух- или трехгодичной. Например, если себестоимость одной ремонтной курочки составляет 165 рублей, а разница между рыночной ценой и себестоимостью 10 яиц – 8 рублей, то несушка должна снести 206 яиц для возврата средств, затраченных на ее выращивание. Следовательно, при среднемесячной продуктивности курицы, равной 26 яйцам, примерно 7,9 месяца ее эксплуатации не дают реальной прибыли. Еще через 4,1 месяца (при содержании птицы до 72 недель жизни) или 6,1 месяца (при содержании птицы до 80 недель жизни) использования кур, способных нестись и дальше, сдают на убой. И это при том, что затраты на «формирование» в стаде новых циклов яйцекладки гораздо менее значительные, чем на выращивание новой партии ремонтного молодняка. Благодаря же продлению срока эксплуатации «экономится» от 25 до 50 % себестоимости курочек.

1. Резервы для успешной и продолжительной промышленной эксплуатации кур-несушек

1.1. Некоторые особенности физиологического и анатомического строения организма кур-несушек

Курица имеет крылья, облегченный скелет, тонкие, но прочные трубчатые кости (их полость заполнена воздухом), легкую небольшую голову. Облегчению массы тела способствует отсутствие зубов, мочевого пузыря. Голова подвижна за счет большого количества шейных позвонков и отсутствия прочного соединения первого позвонка с черепом. Для куриного скелета характерны малая подвижность частей туловища, срастание костей таза, развитая грудная кость-киль. Перьевой покров хорошо предохраняет тело курицы от влияния низкой и высокой внешней температуры, а также от механических повреждений [88, 113].

Уже в первые дни после выхода из яйца у цыплят начинают отрастать кроющие перья, а эмбриональный пух, являющийся верхушкой развивающегося пера, обламывается. Первая линька у цыплят начинается в возрасте 1 мес. и заканчивается к 4,5–5-ти месяцам. Линька – очень важный процесс в жизни кур. Она связана с состоянием нервной системы, с деятельностью половых и щитовидной желез [80, 113].

Нормальная температура тела птиц около 41,5°С (40,8–41,9°С). Большое значение в терморегуляции имеет перьевой покров, предохраняющий его от резких колебаний температуры [99].

Скелет является твердой основой тела и в значительной степени определяет его формы. Кости скелета служат в качестве рычагов при движении или предохраняют головной и спинной мозг, сердце и другие важнейшие органы от механических повреждений [99, 113].

Кости имеют сложное строение. С внешней стороны они покрыты особой оболочкой, называемой надкостницей, содержащей кровеносные сосуды, нервы и особые клетки – костеобразователи. Эти клетки в процессе роста кости усиленно размножаются. Вырабатывая межклеточное вещество костной ткани, они оказываются замурованными им со всех сторон и превращаются в костные клетки [99, 113].

Плотная костная ткань состоит, таким образом, из костных клеток и межклеточного органического вещества, сплошь пропитанного слоями извести, главным образом фосфорнокислой. В процессе яйцекладки кальций и фосфор легко выводятся из трубчатых костей и используются для формирования скорлупы. В плотной массе кости расположены гаверсовы каналы, в которых проходят кровеносные, лимфатические сосуды и нервы [87, 88].

Формирование яйца можно разделить на две части: рост и формирование яйцеклетки (желтка); образование оболочек (белок, подскорлупные оболочки, скорлупа). Первый процесс протекает в яичнике, второй – в яйцеводе [109].

В отличие от самцов, которые имеют парные половые органы, у самок полного развития достигают только левый яичник и левый яйцевод. Правый яич-

ник и яйцевод в процессе развития регрессируют и сохраняются только в рудиментарном состоянии у взрослых особей [109].

По своему внешнему виду яичник напоминает виноградную гроздь, состоящую из множества яйцеклеток. Каждая яйцеклетка находится в фолликуле, который прикрепляется к стволу яичника соединительной тканью. Одновременно в яичнике можно видеть яйцеклетки различных размеров: от больших до микроскопических. Молодые яйцеклетки имеют сероватый или белый, более зрелые яйцеклетки – желтоватый, а зрелые яйцеклетки – ярко-желтый цвет. Расположен яичник в полости живота в поясничной области. Вес и размер его изменяются в зависимости от возраста несушки и функциональной активности желез [109].

Количество яйцеклеток может быть различно: от нескольких сот до десятков тысяч. Их всегда бывает больше, чем курица может снести яиц. Количество яиц зависит не только от количества яйцеклеток в яичнике, но и от способности несушки использовать вещества, необходимые для формирования яйца [109, 113].

В период яйцекладки в фолликулах яичника происходит рост желтков, то есть отложение вокруг яйцеклетки запасов питательных веществ, необходимых для развития будущего зародыша [109, 113].

По мере созревания желтка оболочка фолликула утончается, а затем разрывается, и желток выпадает в воронку яйцевода [109, 113].

Яйцевод выполняет сложнейшую функцию. Он служит не только проводящим каналом для яиц, но и местом окончания их формирования. Яйцевод представляет собой длинную извилистую трубку. У несушек он занимает большую часть левой стороны брюшной полости. Вблизи яичника он создает воронкообразное расширение. Нижняя часть яйцевода открывается в клоаку.

Размеры яйцевода изменяются. У не несущихся кур длина яйцевода составляет 11–18 см, а диаметр – 0,4–7 мм. Во время интенсивной яйцекладки длина яйцевода достигает 40–85 см, а диаметр увеличивается до нескольких см [109, 113].

Яйцевод курицы можно разделить на следующие отделы: воронку, белковую часть, перешеек, матку и влагалище. Воронка открывается в полость тела овальным отверстием, которое у несущихся кур достигает 8 см в диаметре. Эта часть яйцевода, вместе с последующим отделом, довольно подвижна, и в момент овуляции (выпадение желтка из фолликула) воронка своими краями захватывает яйцеклетку. Затем при сокращении мускулатуры яйцевода желток проходит через шейку воронки и попадает во второй отдел – белковую часть яйцевода. Этот участок яйцевода богат железами, секретирующими белок. У кур длина его в среднем равна 33 см. Вся внутренняя сторона белкового отдела покрыта складками, достигающими высоты 2,5 мм. При приближении момента овуляции железистые клетки и складки увеличиваются и заполняются продуктами секреции. Яйцеклетка (желток), проходящая по этой части яйцевода, покрывается концентрическими слоями белка [109, 113].

Третий отдел яйцевода – перешеек, длина которого равна 8 см и которой он резко отличается от белковой части. Здесь меньше складок, высота их также меньше. В этом отделе яйцевода происходит поступление воды и растворенных в ней веществ в белок яйца, который разжижается. Кроме того, здесь яйцо начинает покрываться подскорлупными оболочками [109, 113].

Четвертый отдел яйцевода – матка, короткий мешкообразный участок. Стенки матки толстые. Она хорошо растягивается и во время прохождения яйца увеличивается почти в 3 раза. Когда яйцо попадает в матку, подскорлупные оболочки все ещё очень пористые и в яйцо продолжает поступать вода с растворенными в ней органическими и неорганическими веществами. В матке происходит формирование скорлупы. Сначала на подскорлупной оболочке оседают небольшие зернышки кальция, затем к ним присоединяются белковые коллагеновые волокна, в которые и включаются кристаллы солей кальция [109, 113].

Последний отдел яйцевода – влагалище с хорошо развитыми мышечными слоями. Длина его около 7–8 см. Во влагалище находится уже полностью сформировавшееся яйцо. При сильном сокращении мышц яйцо поступает в клоаку и выталкивается наружу [109, 113].

Пока в яйцеводе находится формирующееся яйцо, овуляция новой яйцеклетки (желтка) не происходит. У ежедневно несущихся кур овуляция наступает в среднем через полчаса после снесения яйца. Примерно через четверть часа яйцеклетка захватывается воронкой яйцевода, минут через 20 она попадает в его белковый отдел, в котором находится около 3–3,5 часа (13 % всего времени пребывания в яйцеводе). Скорость движения яйцеклетки по белковой части яйцевода приблизительно 2 мм/мин. В перешейке яйцо продвигается также медленно, со скоростью 1,5 мм/мин. Время нахождения яйца в этом отделе около часа. Большую часть времени яйцо находится в матке (до 80 % всего времени, или 19–20 часов). Во влагалище яйцо почти не задерживается. В общей сложности период формирования яйца составляет 24–27 часов. Положение яиц в яйцеводе может быть различным, но в большинстве случаев острый конец направлен в сторону клоаки [109, 113].

Куриное яйцо предназначено для получения потомства вне тела матери, а потому имеет всё необходимое для развития жизни. Насыщенное жизненно важными питательными и биологически активными веществами в оптимальном соотношении, яйцо является исключительно ценным пищевым продуктом для человека [105, 128, 129, 131, 139].

По данным многочисленных авторов, пищевое яйцо усваивается человеком на 97–98 % [105, 128, 129, 131, 139]. Качество яйца определяется его строением и структурными элементами.

Яйцо состоит из белка, желтка и скорлупы. Примерное их соотношение, по мнению ряда исследователей, – шесть частей белка, три части желтка и одна часть скорлупы. В литературе приводятся данные о соотношении составных частей в курином яйце. Так, белка в нем содержится 55–57 % от массы яйца, желтка – 30–32%, скорлупы – 10–12 % [105, 128, 129, 131, 142]. Однако селекция яичных кроссов на получение не только высокой яйценоскости от кур, но и более крупных яиц привела по сравнению с кроссами прошлого века, как считают П.П. Царенко, Л.Т. Васильева, к некоторому изменению структурного состава яиц. Так, при заметном утяжелении яиц (на 4–5 г) количество белка значительно повысилось и составляет по отношению желтку не 1,9, как это было прежде, а 2,3–2,7. Удельный вес составных компонентов яйца у современных кроссов представляет следующее соотношение: белка – 58–60 %,

желтка – 30–32 % и скорлупы – 10–11 %. Однако значительные отклонения в строении яйца приводят к декорреляции его состава и свойств, изменению качественной характеристики [130, 133]. Центральную часть яйца занимает желток. В нем сосредоточены основные питательные вещества. Яичный белок – прозрачное вещество желтоватого или слегка зеленоватого оттенка, расположенное вокруг желтка. Белок яйца состоит из четырех фракций. Непосредственно вокруг желтка расположен тонкий слой внутреннего плотного, или градинкового, белка, от которого в сторону полюсов яйца тянутся градинки (халазы). Внутренний жидкий и плотный белок вместе с желтком помещены в так называемый белочный мешок, представляющий собой толстый слой наружного плотного белка [102].

Между белочным мешком и подскорлупными пленками (кроме полюсов) помещается четвертый слой – наружный жидкий белок, по консистенции очень сходный с внутренним жидким. В курином яйце примерный объем градинкового слоя составляет 3 %; внутреннего жидкого – 17; белочного мешка – 57 и наружного жидкого слоя белка – 23 % [102, 129].

Белок в эволюции птицы является более поздним образованием и имеет меньшую, чем желток, стабильность строения. Он в основном несет защитную функцию, служа одновременно резервуаром для воды [102, 129].

Белок окружают подскорлупные оболочки. Внутренняя оболочка охватывает весь белок и плотно спаяна с наружной подскорлупной оболочкой. В области тупого полюса спайка между ними ослаблена. После снесения и остывания яйца желток и белок слегка уменьшаются в объеме, на тупом полюсе подскорлупные оболочки расходятся и между ними образуется воздушная камера [102, 129].

Яйцо покрыто твердой известковой оболочкой – скорлупой, главной защитной оболочкой яйца, предохраняющей его от разрушения. Она обеспечивает сохранение химического состава и целостности белка и желтка, создает условия гомеостаза для нормального развития зародыша, защищает содержимое яйца от проникновения микроорганизмов и избыточной влаги. Благодаря наличию пор скорлупа – превосходный регулятор водного и газового обмена между зародышем и окружающей средой. Толщина скорлупы сильно колеблется – главным образом за счет наружного губчатого слоя. У куриных яиц средняя толщина скорлупы близка к 0,35 мм. Большую толщину она имеет на остром конце и меньшую – на тупом. В зоне «экватора» толщина скорлупы более постоянна и в основном характеризует среднюю ее величину. Скорлупа – надежный источник минеральных веществ для построения скелета эмбриона [87, 102, 104, 134, 141].

В состав скорлупы куриного яйца входят: вода, сухие вещества, органические вещества, сырая зола. Органическая часть скорлупы (органический матрикс), практически на 100 % состоящая из азотсодержащих веществ, представлена протеином типа коллагена, который по своему строению относится к группе простых белков-альбуминов [87, 88].

Морфологически скорлупа представляет собой неоднородную по плотности и составу строго структурированную конструкцию, включающую органическую основу (каркас) и промежуточное вещество из кальцита (не аморфных углекислых солей кальция и в значительно меньших количествах магния) [87, 88].

Последняя, самая наружная оболочка яйца – кутикула, состоящая в основном из протеина, тонким слоев (5–10 мкм) прикрывает поверхность и поры скорлупы. Кутикула прочно связана со скорлупой, но довольно легко смывается горячей водой и нарушается при трении. По наблюдениям, некоторые куры сносят яйца, скорлупа которых практически лишена кутикулы.

Таким образом, желток окружен четырьмя белковыми слоями, двумя подскорлупными пленками, скорлупой и кутикулой, т.е. восемью оболочками, каждая из которых выполняет свою определенную функцию [88, 102, 131, 141].

1.2. Генетические и физиологические факторы, ограничивающие продление срока продуктивного использования кур-несушек

Современные гибридные несушки характеризуются очень высоким потенциалом яичной продуктивности. Сейчас они несут порядка 310 яиц в год на среднюю несушку в сравнении с 260 яйцами приблизительно у аналогичных кроссов в 1974 г. При этом конверсия корма в яйцемассу улучшилась с 2,7 кг/кг в 70-е годы до 2,0 кг/кг [173]. Последнее время селекционеры крупных компаний ставят перед собой задачу вывести кроссы, куры которых смогут успешно нестись дольше 90–120 недель жизни и оставаться при этом здоровыми. Продление сроков использования несушек, в противовес принятым практикам содержания птицы, возможно, и не получает пока всеобщего одобрения, всё же этот приём представляется наиболее логичным подходом к более эффективному использованию ресурсов в яичном птицеводстве, поскольку снижает финансовые расходы, связанные с необходимостью более частой замены кур промышленного стада [178].

Для достижения этой цели необходим многофакторный подход. Прежде всего, репродуктивная система кур отвечает за снесение яиц. Однако репродуктивная функция кур тесно связана с другими аспектами их физиологии. Наиболее очевидный из аспектов – костяк птицы, который используется как «хранилище» кальция. Кроме того, есть ряд болезней, связанных с репродуктивной функцией. Эти потенциальные препятствия на пути продления сроков использования промышленных несушек, а также методы преодоления этих препятствий позволяют поддерживать благосостояние и здоровье птицы [178].

Репродуктивная система кур. Репродукция кур контролируется группой нейронов, контролирующих синтез гонадтропинового рилизинг-фактора 1 (ГнРФ-1) и находящихся в области мозга, называемой гипоталамусом, которая отвечает за интеграцию сигналов из окружающей среды и внутренних эндокринных сигналов [175]. Активация этих нейронов приводит к долгосрочным изменениям в организме птицы, таким как наступление половой зрелости, вызывает у птицы чувствительность к продолжительности фотопериода и к доступности корма. Пептид ГнРФ-1, выделяемый структурой в гипоталамусе, называемой срединным возвышением, стимулирует гипофиз, который усиливает сигнал ГнРФ-1, выделяя лютеинизирующий гормон (ЛГ) и фолликулостимулирующий гормон (ФСГ). Эти гормоны, называемые гонадотропинами, в свою очередь, стимулируют гонады и растущие фолликулы в яичнике. Затем яйцеклетка доминирующего в иерархии фолликула овулирует и образует желток бу-

дущего яйца [175]. Гонады и особенно фолликулы в яичнике также выделяют половые стероидные гормоны, эстроген и прогестерон, которые отвечают за рост яйцевода птицы [174] из небольшого образования массой ~ 4 г до начала полового созревания до структуры, весящей после созревания более 40 г [240] – структуры, способной ежедневно синтезировать и откладывать в яйцо ~ 4 г яичного белка и ~ 5 г карбоната кальция в виде скорлупы [229]. Если по какой-то причине выработка стероидных половых гормонов прекращается или заметно снижается, яйцевод очень быстро теряет набранную ранее массу [240]. Поэтому поддержание этого органа в «рабочем» состоянии является критическим с точки зрения поддержания качества яиц [54, 178].

Качество яиц. Очень часто причиной снижения экономической эффективности использования «стареющего» стада промышленных несушек является ухудшение у них с возрастом качества яиц [135, 246]. Значительное ухудшение качества яиц, особенно их скорлупы, создает проблемы при использовании современного высокомеханизированного оборудования для упаковки и транспортировки яиц. Современные методы генетической селекции, кормления и содержания кур могут успешно продлевать продолжительность их продуктивного периода. Качество яиц на всем протяжении продуктивного периода является в значительной степени генетически обусловленным, что означает, что их длительная селекция на сохранение качества яиц может обеспечить высокую яйценоскость в конце продуктивного периода. Яйцевод кур является метаболически высокоактивным органом, в котором неизбежно накапливаются повреждения, в результате чего со временем он может даже стать невосприимчивым к дальнейшему стимулированию. Трудно представить себе другое такое животное, которое может поддерживать репродуктивную активность более года без периодов репродуктивной паузы и обновления организма, либо по временам года, либо в связи с необходимостью вырастить молодняк. Однако в любом стаде кур находятся особи, которые продолжают нестись более года без существенного снижения качества яиц [178].

Скорлупа яйца. Скорлупа яйца – это, пожалуй, наиболее очевидный критерий качества яиц, на который необходимо оказывать постоянное селекционное давление при длительной селекции на увеличение продолжительности продуктивного периода или на сохранение качества яиц на всем протяжении продуктивного цикла. В настоящее время практически все методики определения качества скорлупы используют так называемое квазистатическое сжатие – будь то тесты на прочность, на прокол, на разлом или сопротивление разлому; причем тесты обычно проводятся «до последнего», т.е. до прокола или разлома [176]. Хотя эти показатели, конечно, высоко коррелируют с толщиной скорлупы, их все-таки недостаточно, есть и другие аспекты строения скорлупы, связанные с её прочностью. Для улучшения понимания этой сложной биокерамической структуры, включающей протеиновый матрикс, на котором кристаллизуется карбонат кальция, недавно были задействованы методы транскриптомики [175, 189] и протеомики [222]. Стараясь добраться до основы строения скорлупы, изучали размер и ориентацию в ней кристаллов [177]. Генетический компонент изменчивости этих показателей оказался весьма высоким – 60% для размера и 30% для ориентации кристаллов. На настоящий момент

связь этих показателей с прочностью скорлупы по-настоящему убедительно еще не доказана. Однако они генетически высоко коррелируют с толщиной самого «глубинного» слоя скорлупы –мамиллярного. Хотя мамиллярный слой слабо влияет на прочность скорлупы, он очень важен для развития и минерализации эмбриона, а потому может являться важным показателем качества скорлупы и яиц в целом. Измерения размеров кристаллов в скорлупе пока только начинаются; однако методика, разработанная в Бельгии [223], позволила испытать генетический потенциал нового метода оценки качества скорлупы яиц – по динамической жесткости. Этот метод был назван так для того, чтобы не смешивать его со статической жесткостью, определяемой с помощью квазистатического давления; он подразумевает измерение естественного акустического резонанса от яйца. Последний зависит от массы яйца и некоего фактора, известного как константа упругости, связанного с жесткостью скорлупы – это и есть динамическая жесткость скорлупы ($К_{дин}$). Зная массу яйца и измеряя его акустический резонанс, можно рассчитать ее $К_{дин}$. Эта методика сейчас уже используется в селекции и, возможно, поможет в поддержании качества яиц и снижении вариабельности соответствующих показателей с возрастом птицы. Причина быстрого внедрения данной методики в практику заключается, во-первых, в ее высокой воспроизводимости. Согласно данным, полученным по этому методу, доля генетической составляющей в качестве скорлупы является намного более высокой, чем найденный традиционными методами коэффициент порядка 40 %, а высокая корреляция этого признака с такими общепризнанными показателями, как прочность на разлом или толщина, позволяет также параллельно получать улучшения и по этим показателям [174]. Однако решающим фактором, видимо, все-таки стало то, что благодаря неинвазивности данной методики смогли убедительно показать, что яйца с низким значением $К_{дин}$ достоверно хуже проходят цех упаковки яиц и реже попадают на стол к потребителю. А ведь снижение боя яиц при их механической расфасовке – это именно то, чего надо достичь, если необходимо продлить сроки продуктивного использования несушек [178].

Масса яйца. Хотя на первый взгляд, масса яйца и не представляет собой важного фактора в отношении качества яиц, роль этого признака на деле довольно значительна. В целом масса яиц обычно повышается с возрастом кур, и при продлении срока использования несушек этот момент следует учитывать. Масса яиц оказывает влияние на большинство факторов их качества. Выявлены корреляции между массой яйца и прочностью скорлупы на разлом [254], толщиной скорлупы [247], цветом [170], частотой дефектов и числом яиц на несушку [190]. В крупных яйцах образуется больше кинетической энергии при их перемещении, а их скорлупа при той же её абсолютной массе, что и в меньших по калибру яйцах, будет тоньше. Селекционеры уже пытались с той или иной степенью успешности сдерживать тенденцию к росту массы яйца с возрастом кур – ведь этот признак легко измеряется и хорошо наследуется [176]. Следовательно, возможно и сдерживание нарастания массы яйца параллельно селекции на более устойчивую яйценоскость [178].

Качество костяка. Несушки подвержены переломам (ноги, крылья) или деформациям (киль) костей, вызванным остеопорозом, что делает его одной из самых важных проблем промышленного производства яиц, связанных с благо-

состоянием птицы [238, 239, 248]. Остеопороз вызывается прекращением образования структурной части костей с началом яичной продуктивности кур, поскольку процессы остеогенеза под действием эстрогена переключаются на более мягкую медуллярную составляющую костей. Медуллярная кость является мобильным депо, «хранилищем» кальция, который в больших количествах расходуется организмом во время образования скорлупы яиц. Каждый день кальций откладывается в медуллярной кости и вновь мобилизуется оттуда, причем в идеале эти два процесса, отложения и резорбции кальция, должны находиться в равновесии между собой. К сожалению, кальций поглощается также и из структурной части костей, что, собственно, и вызывает симптомы остеопороза [248, 249]. В результате селекции на повышение и устойчивость яйценоскости интервалы между снесениями яиц у высокопродуктивных несушек стали столь малы, что у структурной части костей просто не хватает времени, чтобы восстановиться. Это явление – пример того, что продолжительная стимуляция половыми стероидными гормонами может оказывать негативное влияние на организм кур [248].

Однако в любом стаде можно найти несушек с высокой яйценоскостью и одновременно с высокой прочностью костяка. Было показано, что здесь играет важную роль генетика: порядка 40 % изменчивости показателей качества костяка обусловлено генетическими факторами [153].

Проблемы прочности и переломов костей, и качества яиц у кур тесно связаны между собой, и, разумеется, важную роль в обеспечении их баланса играет правильное кормление птицы. Однако, для того чтобы избежать отрицательных последствий селекции на яйценоскость и костяк птиц, потребуется комплексный многофакторный подход, который должен включать в себя вопросы конструкции клеток для несушек, позволяющей снизить частоту переломов костей, а также вопросы генетики и кормления птицы [178].

Репродуктивный тракт и связанные с ним болезни. С возрастом у несушек интенсивность стимулирующего воздействия из гипоталамуса снижается и всё чаще случаются периоды, когда они не откладывают яйца [171, 240]. У яичных кур эти паузы между кладками обычно короткие, однако с возрастом они могут становиться длиннее и случаться чаще [209]. Это явление может также сопровождаться ростом нового оперения (линькой), на что птица расходует много энергии корма. Хотя линька может быть благотворной для организма кур, позволяя ему обновить репродуктивную систему и восстановить структурную часть костей [248], было бы всё же лучше, если бы птица продолжала нести яйца в течение всего удлиненного периода ее использования. Еще одно последствие снижения репродуктивной активности птицы вплоть до полной остановки – усиление подверженности стрессам [191, 240]. Поэтому важно, чтобы селекция поддерживала этот исходящий из гипоталамуса поток стимулирующего воздействия. На первый взгляд этот поток сложно измерить и перевести в пригодные для селекции критерии, в действительности селекция на качество яиц и яйценоскость по определению как раз и поддерживает этот поток. Так, например, обнаружена положительная генетическая корреляция между частотой дефектов скорлупы и числом снесенных яиц [190]. Однако есть факторы, которые при продлении сро-

ков использования несушек могут повысить их смертность, и с ними, по-видимому, придется что-то делать. Болезни, связанные с репродуктивным трактом, являются второй после инфекционных болезней основной причиной смертности у кур [241]. В частности, это стероидо-зависимые разновидности рака (~14 % общей смертности), каннибализм вследствие, прежде всего, пролапса яйцевода (~14 %), гипокальциемия (~16 %) и желточный перитонит (~22 %).

Все эти проблемы, связанные с репродуктивной функцией, потребуют решения при продлении срока использования несушек, однако разработка и включение в селекционные программы соответствующих критериев, возможно, помогут справиться с этим потенциальным препятствием [178].

1.3. Товарные и физико-химические показатели качества яиц

Куриное яйцо – гигантская половая клетка и натуральный продукт для питания человека. Действительно, природа постаралась в небольшом курином яйце собрать все важнейшие элементы питания в идеальных пропорциях. В целом курином яйце (со скорлупой) в среднем 65,6 % воды и 34,4 % сухих веществ, из которых 68,3 % органических и 31,7 % минеральных. Из органических веществ в состав яйца входят протеины (альбумин, глобулин, кератин, муцин, и др.), липиды (жиры, фосфолипиды, стеролы и др.), углеводы, витамины (А, $Д_3$, Е, группы В, РР и др.) и пигменты (каротиноиды, порфирин и др.). Из неорганических веществ яйцо содержит макро- и микроэлементы более 47 наименований [7, 10, 21, 22, 29, 32, 35, 76, 104, 142].

Современные технические условия на пищевые яйца учитывают преимущественно их товарные качества, которые непосредственно отражаются на цене реализуемых яиц и в целом на экономике птицеводческого предприятия. Основными показателями товарных качеств яиц являются: масса (величина), свежесть и состояние скорлупы (целостность, чистота). Другие показатели прямо или косвенно связаны с вышеназванными [104].

Форма яиц во многом определяет их повреждаемость на различных участках технологической цепочки производства яиц в хозяйствах. Хорошо известно, что яйца удлиненной и округлой формы повреждаются чаще и сильнее, чем яйца нормальной формы [104].

Точным показателем формы является показатель индекса формы (ИФ), вычисляемый по формуле: ИФ = 100d/D, где d – поперечный диаметр, мм; D – продольный диаметр яйца, мм. Индекс формы можно определить с точностью до 0,1 мм с помощью созданного на кафедре птицеводства и мелкого животноводства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (СПбГАУ) прибора ИМ-1, который ускоряет определение индекса формы более чем в 10 раз [104].

Масса яиц – один из их качественных показателей, не только определяющий биологическую ценность, но и влияющий на стоимость данной продукции. П.П. Царенко [128, 131], А.Л. Штеле [140] и ряд других исследователей обращают внимание на то, что чем крупнее яйцо, тем выше его питательность. Масса яиц колеблется в широких пределах, но, по мнению авторов, чаще всего от 45 до 65 г. С массой связано деление яиц на категории, которые значительно различаются по реализационной цене. Размер и соответственно масса яйца