

УДК: 681.7.015.2, 551.501.6, 612.398.192, 614.95

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-89-97

С.О. Шаповалов^{1, 2} ✉Н.П. Буряков¹Е.В. Корнилова²А.В. Жевнеров¹Т.Д. Алтухов^{1, 2}Д.С. Аникина¹

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²ООО Научно-испытательный центр «Черкизово», Москва, Россия

✉ s.shapovalov@cherkizovo.com

Поступила в редакцию: 20.10.2024

Одобрена после рецензирования: 12.11.2024

Принята к публикации: 26.11.2024

© Шаповалов С.О., Буряков Н.П., Корнилова Е.В., Жевнеров А.В., Алтухов Т.Д., Аникина Д.С.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-89-97

Sergey O. Shapovalov^{1, 2} ✉Nilolai P. Buryakov¹Elena V. Kornilova²Alexey V. Zhevnerov¹Tristan D. Altukhov^{1, 2}Daria S. Anikina¹

¹Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

²Research and Testing Center Cherkizovo, Moscow, Russia

✉ s.shapovalov@cherkizovo.com

Received by the editorial office: 20.10.2024

Accepted in revised: 12.11.2024

Accepted for publication: 26.11.2024

© Shapovalov S.O., Buryakov N.P., Kornilova E.V., Zhevnerov A.V., Anikina D. S., Altukhov T.D.

Мониторинг качества инкубационного яйца мясных кроссов импортного и отечественного производства

РЕЗЮМЕ

Проведен мониторинг инкубационных яиц кросса Cobb 500 (Hendrix Genetics), кросса Ross 308 (Aviagen®), кросса «Смена 9» от ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства». Оценены физико-химические показатели и физико-механические свойства скорлупы и выявлены различия в минеральном составе: макро-, микро-, ультрамикроэлементов. Установлены морфометрические и физико-химические константы содержимого инкубационного яйца. Проведено сравнение содержания основных биологически активных веществ и минерального состава белка и желтка. Предложена методика оценки инкубационного яйца для предсказания показателей вывода, основанного на методе главных компонент и диапозонах ранжирования. Получены сведения, применение которых существенно повышает эффективность продуктивных показателей инкубации в мясном птицеводстве при заданных параметрах продуктивности оплодотворенности яиц 95–96,5%, при выводе цыплят от 75 до 85%. Выделены 23–24 показателя, отражающих физические, механические, химические, морфометрические и весовые показатели инкубационных яиц. Рекомендовано использовать ориентировочные референтные значения показателей качества при заданных параметрах продуктивности. Предложено инкубационные яйца грейдировать на четыре грейда (AA, A, B, C) и ранжировать на четыре ранга (I, II, III, IV). Лучший вариант по продуктивности — ранг AA, более значимый показатель — I, менее значимый ранг — IV.

Ключевые слова: инкубационные яйца, мониторинг, качество яйца, кросс, статистические методы

Для цитирования: Шаповалов С.О. и др. Мониторинг качества инкубационного яйца мясных кроссов импортного и отечественного производства. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 89–97.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-89-97>

Monitoring the quality of incubation eggs of meat crosses of imported and domestic production

ABSTRACT

The incubation eggs of the Cobb 500 cross (Hendrix Genetics), Ross 308 cross (Aviagen®), “Smena 9” cross from the All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry Farming were monitored. The physico-chemical parameters and physico-mechanical properties of the shell were evaluated and differences in the mineral composition were revealed: macro-, micro-, ultramicroelements. Morphometric and physico-chemical constants of the incubation egg contents have been established. The content of the main biologically active substances and the mineral composition of protein and yolk were compared. A method for evaluating an incubation egg is proposed for predicting hatch rates based on the principal component method and ranking ranges. Information has been obtained, the use of which significantly increases the efficiency of productive incubation indicators in meat poultry farming with specified parameters of egg fertilization productivity of 95–96.5%, with the hatching of chickens from 75 to 85%. 23–24 indicators reflecting the physical, mechanical, chemical, morphometric and weight indicators of incubation eggs are identified. It is recommended to use approximate reference values of quality indicators for specified productivity parameters. It is proposed to grade incubation eggs into four grades (AA, A, B, C) and rank them into four ranks (I, II, III, IV). The best option in terms of productivity is AA rank, a more significant indicator is I, a less significant rank is IV.

Key words: hatching eggs, monitoring, egg quality, cross, statistical methods

For citation: Shapovalov S.O. *et al.* Monitoring the quality of incubation eggs of meat crosses of imported and domestic production. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 89–97 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-89-97>

Введение/Introduction

Выводимость, сроки вывода, успех выращивания молодня и дальнейшая продуктивность кур в значительной степени зависят от качества инкубационных яиц. На качество яиц влияет целый комплекс разнообразных факторов: возраст несушек, кормление, содержание, микроклимат помещений, состояние здоровья, экстерьер, интерьер, вид, порода, кросс, сроки и условия хранения яйца.

В течение последнего столетия производство, транспортировка и обработка яиц стали специализированной отраслью. Это приводит к поиску новых методов, способов и устройств для измерения параметров качества яиц [1].

На сегодня существуют и традиционно используются: механические методы, которые измеряют свойства яичной скорлупы, такие как наличие трещин и прочность яичной скорлупы; спектроскопические методы, основанные на принципах для внутреннего качества яиц с использованием гиперспектральной информации, предсказывающей свойства белка, pH, единицы Хау, вязкость и др.; сенсорные системы, которые используют методы компьютерного зрения для получения информации о внешней стороне яйца (цвете яичной скорлупы, обнаружении грязной скорлупы, открытых трещинах) [2].

Современные исследования сосредоточены на новых датчиках, основанных на ультразвуковых, магнитно-резонансных и электронных новых методах. Таким образом, путем объединения двух различных методов измерения становятся доступными для оценки другие характеристики (например, проводимость яичной скорлупы). Эти сенсорные устройства используются для отбора стад несушек [3].

Каждый год в мире производится миллиарды суточных цыплят-несушек. Поскольку для производства пищевых яиц выращивают только цыплят-самок, их необходимо определить по полу, а нежелательных цыплят-самцов отбраковать. В то же время в мясном птицеводстве наблюдается противоположная идеология, где самцы цыплят бройлеров демонстрируют большую продуктивность (от 8 до 15%), следовательно, последующая технология выращивания (в том числе и системы кормления) должна быть разной, что с экономической точки зрения оправданно. Отбраковка цыплят-самцов в яичном направлении является серьезной проблемой как с точки зрения благополучия животных, так и утилизации отходов.

Таким образом, бизнесу предложены технологии 3D-цифровой визуализации с применением микроскопической магнитно-резонансной томографии (μ MRI) для удовлетворения этой потребности. В настоящие время они экономически не всегда оправданы, но в будущем с развитием данного направления это, скорее всего, будет неизбежностью [4].

В то же время данные методы открывают значительные перспективы использования куриного эмбриона на раннем эмбриональном этапе эмбриогенеза в качестве альтернативной модели для скрининга тератогенности, так как врожденные пороки развития остаются значимой причиной смерти [5].

Оценки как общего качества яиц, так и здоровья стада несушек могут быть сделаны и использованы для управления стадом с целью исправления проблем до того, как они приведут к большому экономическим или

гигиеническим проблемам. Это повысит общее качество инкубационных яиц и снизит риски для бизнеса, повысив тем самым конкурентоспособность отрасли в целом [6].

Согласно ОСТ 10 329¹, оценка молодняка предполагается только по большинству визуальных показателей. С 1.02.2023 введен в действие ГОСТ Р 70610². Стандарт распространяется на куриные инкубационные яйца, полученные от стада здоровых кур яичных пород и кроссов, предназначенные для производства иммунобиологических препаратов. Термины и определения по инкубационному яйцу изложены в ГОСТ Р 58521³.

В связи с этим разработка системы мониторинга качества инкубационного яйца мясных кроссов с использованием различных методов, приемов позволит стать основой разработки новой методики оценки и в настоящее время является актуальной темой исследования.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Испытания были проведены на базе кафедры кормления животных и в Центре коллективного пользования РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва), НИЦ «Черкизово» (г. Москва), одном из крупных инкубаторов в РФ и Европе «Донской» Группы «Черкизово» эксплуатационной мощностью 240 млн яиц годовой закладки, который находится в Задонском районе Липецкой области Российской Федерации, в 2020–2024 гг.

Объектом исследования были инкубационные яйца двух основных зарубежных кроссов и одного отечественного, от голландского холдинга «Хендрикс Джениетикс» Cobb 500 и британского холдинга Aviagen Group (Aviagen®), с 2020 года. Период проведения испытаний — 3,5 года.

Импорт инкубационного яйца был из семи стран: Испании, Болгарии, Германии, Словакии, Чехии, Турции, Бельгии.

С 2023 года также оценивали инкубационные яйца отечественного производителя кросса «Смена 9» на площадке Всероссийского научно-исследовательского и технологического института птицеводства — ВНИТИП (г. Сергиев Посад, Россия) и на площадках бизнес-партнеров.

В мониторинговых исследованиях были задействованы инкубационные яйца, которые импортируются из различных стран и от основных производителей транснациональных компаний: кросса Ross 308 (импорт), инкубационные яйца, полученные от производителей в РФ (произведенные на территории России) в промышленных условиях на ключевых предприятиях страны. Информацию о показателях продуктивности (выводе, выводимости, оплодотворенности и др.) получали из инкубаторов по партиям с учетом времени на логистику, недели кладки, страны (производителя соответствующего кросса). Показатели кормления родительского стада по фактическим показателям не использовались, так как были приняты за константу: соблюдения как всех технологических параметров, так и обеспечения родителей всеми физиологическими потребностями.

В испытаниях было задействовано современное и технологичное оборудование кафедры кормления животных и Центра коллективного пользования РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева.

Испытания проводились по физическим, механическим, химическим показателям.

¹ ОСТ 10 329-2003 Суточный молодня кур. Технические условия.

² ГОСТ Р 70610-2022 Яйца куриные инкубационные для иммунобиологических производств. Технические условия.

³ ГОСТ Р 58521-2019 Птицеводство. Термины и определения.

На современном цифровом тестере яиц Digital Egg Tester DET-6500 (NABEL Co., Ltd., Kyoto, Japan) изучены физико-механические показатели:

- ед. ХАУ (показатель ед. ХАУ определяет качество согласно концепции доктора Р. Хай (1937 г.), высота плотного белка вокруг желтка в сочетании с весом рассчитывается по формуле: высота плотного белка, вылитого на ровную поверхность яйца, суммируется с весом яйца);
- HU: ед. ХАУ H: высота белка W: вес яйца; $HU = 100 \times \log(H - 1,7W^{0.37} + 7,6)$;
- показатель индекса желтка рассчитывается по формуле:
- высота желтка яйца, разбитого на плоскую поверхность, складывается с диаметром (YI) = YH (высота желтка яйца) / YD диаметр желтка яйца);
- определяли высоту желтка яйца, диаметр желтка яйца на приборе DET-6500 (NABEL Co., Ltd., Kyoto, Japan);
- вес яйца, прочность скорлупы, цвет желтка⁴, толщину скорлупы в трех точках — на приборе DET-6500 (NABEL Co., Ltd., Kyoto, Japan);
- pH белка, желтка измеряли лабораторным pH-метром Mettler Toledo (Швейцария), кислотное число желтка, плотность белка, желтка, индекс формы — классическими методами^{3, 5}.

Все испытания проходили в испытательном центре НИЦ «Черкизово» (г. Москва), аккредитованном по ГОСТ ИСО 17025⁶, аттестат аккредитации № AAC.A.00281⁷.

Исследование проводили в трехкратной повторности, каждая из которых включала по три аналитические повторности в пределах каждого варианта опыта. Все результаты обрабатывали с использованием статистических методов, где рассчитывали среднее, стандартное отклонение, минимум, максимум, коэффициент вариации.

Данные статистические показатели были проанализированы тремя специализированными пакетами: российский статистический Stadia, Statistica (StatSoft Inc., США) и SPSS 22 (Statistical Package for Social Science, США).

В работе использовали технологию бережного обращения с оплодотворенными яйцами SANOVO Hatchery Packer⁸. При проведении испытаний руководствовались Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS N 123)⁹, ГОСТ 34088¹⁰.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведенный мониторинг и статистический анализ физико-механических свойств скорлупы инкубационного яйца различных кроссов импортного и отечественного производства, отражающих ее прочность, представлен в таблице 1.

Известно, что толщина скорлупы, измеренная под скорлупной оболочкой, и ее масса свидетельствуют не только о генотипе птицы, но и о минерально-витаминном питании птицы. Использование показателя толщины скорлупы применительно к инкубационным яйцам свидетельствует не только об уровне минеральных веществ для развития эмбриона, но и о силе влияния на яйцо при ингибировании температуры, относительной влажности, воздухообмена и т. д. [7–8].

Показатель «толщина скорлупы» классически введен в требования к качеству инкубационных яиц на уровне не менее 330 мкм. Показано, что среднее значение толщины скорлупы находилось на уровне 0,350 мм в диапазоне от 0,328 до 0,378 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 1,62 до 13,07%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 6,8%. Прочность скорлупы яйца, это показатель ее качества, определяемый измерением нагрузки, которую она выдерживает по ее разлому.

Прочность скорлупы целого яйца на разрушение (раздавливание) колеблется в зависимости от ее толщины и радиуса кривизны [8–13]. В среднем для раздавливания скорлупы куриных яиц по продольному (длинному) диаметру необходимо приложить усилие 40–52 Н (ньютон) (4,0–5,2 кгс), а по короткому диаметру — 25–35 Н (2,5–3,5 кгс). Прочность скорлупы имеет небольшую положительную связь с формой яйца. Чем более округлую форму имеет яйцо, чем круче его кривизна (прочность), тем при прочих равных условиях его скорлупа лучше противостоит механическим воздействиям, то есть тем

Таблица 1. Инкубационные качества яйца: статистический анализ физико-механических свойств скорлупы и морфометрических параметров инкубационного яйца

Table 1. Incubation qualities of the egg: statistical analysis of the physical and mechanical properties of the shell and the morphometric parameters of the hatching egg

Кросс	Ед. изм.	Среднее (M)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
<i>Прочность скорлупы на растрескивание</i>							
Ross 308	Кгс	5,40	0,27	0,54	4,80	5,90	9,92
Ross 308	Кгс	5,28	0,67	1,50	3,40	7,30	28,42
Cobb 500	Кгс	5,97	0,48	0,84	5,00	6,50	14,06
Cobb 500	Кгс	4,83	1,17	1,02	3,50	6,10	21,11
Смена 9	Кгс	3,53	0,03	0,06	3,50	3,60	1,63
Среднее значение по всем кроссам	Кгс	5,002	0,524	0,992	3,84	5,88	14,90
<i>Толщина скорлупы</i>							
Ross 308	мм	0,32	0,02	0,04	0,28	0,38	13,07
Ross 308	мм	0,34	0,01	0,03	0,32	0,37	7,33
Cobb 500	мм	0,34	0,01	0,01	0,33	0,35	3,36
Cobb 500	мм	0,36	0,00	0,01	0,35	0,36	1,62
Смена 9	мм	0,39	0,02	0,04	0,36	0,43	8,93
Среднее значение по всем кроссам	мм	0,350	0,012	0,026	0,328	0,378	6,862

⁴YolkFan™ dsm-firmenich Essential Products. Measuring egg yolk color. Consumers apply a range of criteria when judging the quality of an egg, from shell strength through freshness and traceability to egg yolk color.

⁵ГОСТ Р 70610-2022 Яйца куриные инкубационные для иммунобиологических производств. Технические условия.

⁶ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. Руководства пользователя.

⁷<https://cherkizovolab.ru/about/dokumenty-nic3>

⁸<https://www.sanovopoultry.com/ru/>

⁹Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123).

¹⁰ГОСТ 34088-2017 Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за сельскохозяйственными животными.

выше ее прочность. Этим отчасти объясняется, почему скорлупа реже повреждается на полюсах и у мелких яиц.

В таблице 1 показано, что среднее значение прочности скорлупы на растрескивания яиц находилось на уровне 5 в диапазоне от 3,84 до 5,88 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 1,63 до 28,42%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 14,90%.

Проведенный мониторинг и статистический анализ морфометрических параметров составных частей и изменчивости весовых параметров инкубационного яйца различных кроссов импортного и отечественного производства представлен в таблицах 2–7.

Известно, что с увеличением возраста птицы ухудшаются морфобиохимические и инкубационные качества яиц. Отмечено снижение индекса формы, ед. Хау, индексов белка и желтка, плотности яиц, высоты белка и показателей плотности его фракций. Принято, что показатель ед. ХАУ и индекс желтка — основные индикаторы для определения качества яиц. Показатель ед. ХАУ определяется согласно концепции доктора Р. Хау (1937 г.). Высоту плотного белка вокруг желтка в сочетании с весом определяет показатель ед. ХАУ: чем выше показатель, тем лучше качество яйца [10, 11].

Среднее значение ед. Хау яиц находилось на уровне 69 в диапазоне от 53 до 80 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 7,69 до 27,59%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 16,45%.

Выявлено, что среднее значение высоты белка яиц находилось на уровне 4,4 в диапазоне от 3,6 до 5,2 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 4,2 до 26% (табл. 2).

Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 16,8%.

В таблице 3 показано, что среднее значение высоты желтка яиц находилось на уровне 18 в диапазоне от 16 до 19 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 3,5 до 9%.

Изучен уровень коэффициента вариации, который находился на уровне 6%. Индекс желтка вычисляется делением высоты желтка на диаметр желтка яйца,

Таблица 2. Инкубационные качества яйца: статистический анализ морфометрических параметров составных частей инкубационного яйца (ед. Хау, высота белка)

Table 2. Hatchery qualities of the egg: statistical analysis of the morphometric parameters of the components of the hatching egg (HU unit, protein height)

Кросс	Ед. изм.	Среднее (М)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Ед. Хау							
Ross 308	ед. Хау	71,58	6,33	14,15	51,80	90,80	19,77
Ross 308	ед. Хау	71,57	3,68	6,37	65,80	78,40	8,90
3 Cobb 500	ед. Хау	74,98	2,58	5,76	65,60	79,90	7,69
Cobb 500	ед. Хау	63,60	7,85	17,55	33,00	73,90	27,59
«Смена 9»	ед. Хау	65,00	5,32	11,91	49,70	77,10	18,32
Среднее значение по всем кроссам	ед. Хау	69,346	5,152	11,148	53,18	80,02	16,454
Высота белка							
Ross 308	мм	4,01	0,47	1,05	2,71	5,57	26,07
Ross 308	мм	4,30	0,37	0,63	3,59	4,81	14,75
Cobb 500	мм	4,42	0,11	0,19	4,28	4,63	4,24
Cobb 500	мм	4,72	0,43	0,74	3,91	5,35	15,61
«Смена 9»	мм	4,77	0,65	1,12	3,77	5,98	23,51
Среднее значение по всем кроссам	мм	4,444	0,406	0,746	3,652	5,268	16,836

разбитого на ровную поверхность. Данный показатель применяется для определения качества яйца с 1930-х гг.

Установлено (табл. 4), что среднее значение диаметра желтка яиц находилось на уровне 42,7 в диапазоне от 41 до 44 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 1,2 до 5,1%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 2,7% [12, 13].

Выявлено, что значение индекса желтка яиц находилось на уровне 0,4 в диапазоне от 0,39 до 0,45 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 4,81 до 9%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 7%.

Анализ инкубационного яйца в зависимости от массы показал, что с увеличением массы яйца повышается процент массы белка при снижении массы скорлупы и желтка (табл. 4).

Соотношение составных частей яйца характеризует качество содержимого яйца. Оптимальное соотношение, полученное в данном случае: скорлупа — 11,5%, белок — 58,5%, желток — 30%. В представленном мониторинге составных частей яйца (белок, желток, скорлупа) было получено соотношение 5:2,6:1.

В то же время яйца других видов сельскохозяйственной птицы имеют много общего, примерное их соотношение следующее: 6 частей белка, 3 части желтка, 1 часть скорлупы (6:3:1). Показано, что среднее значение соотношения составных частей скорлупы находилось на уровне 11% в диапазоне от 9 до 11% по всем

Таблица 3. Инкубационные качества яйца: статистический анализ морфометрических параметров составных частей инкубационного яйца

Table 3. Hatchery qualities of the egg: statistical analysis of the morphometric parameters of the components of the hatching egg

Кросс	Ед. изм.	Среднее (М)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Высота желтка							
Ross 308	мм	17,82	0,72	1,62	15,40	19,30	9,07
Ross 308	мм	18,13	0,58	1,01	17,50	19,30	5,58
Cobb 500	мм	19,15	0,74	1,48	17,60	20,90	7,75
Cobb 500	мм	18,85	0,41	0,81	18,00	19,90	4,30
«Смена 9»	мм	16,90	0,30	0,59	16,10	17,40	3,52
Среднее значение по всем кроссам	мм	18,17	0,55	1,102	16,92	19,36	6,044
Диаметр желтка							
Ross 308	мм	43,74	0,45	1,01	42,30	44,70	2,32
Ross 308	мм	41,57	0,30	0,51	41,00	42,00	1,23
Cobb 500	мм	44,60	0,56	1,12	43,70	46,00	2,50
Cobb 500	мм	43,50	0,53	1,06	42,30	44,70	2,44
«Смена 9»	мм	40,35	1,04	2,09	37,70	42,70	5,18
Среднее значение по всем кроссам	мм	42,752	0,576	1,158	41,4	44,02	2,734

Таблица 4. Инкубационные качества яйца: индекс желтка

Table 4. Hatchery qualities of the egg: yolk index

Показатель	Ед. изм.	Среднее (М)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Индекс желтка							
Ross 308	г	69,33	1,10	2,19	66,60	71,10	3,16
Ross 308	г	68,00	1,19	2,66	65,40	71,40	3,92
Cobb 500	г	66,70	0,60	1,04	65,50	67,40	1,57
Cobb 500	г	68,10	1,68	2,91	64,90	70,60	4,28
«Смена 9»	г	62,53	1,02	1,76	61,10	64,50	2,82
Среднее значение по всем кроссам	и/ж	0,426	0,014	0,032	0,392	0,458	7,012

кротсам.

Коэффициенты вариации — от 3,2 до 7,7%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 5,6% (табл. 5).

Установлено (табл. 5), что среднее значение плотности желтка находилось на уровне 1,026 в диапазоне от 1,021 до 1,030 по всем кроссам. Коэффициент вариации — на уровне 0,3%.

Согласно некоторым исследованиям, яичный белок представлен овальбумином, овомукоидом, овотрансферрином, овомуцином и лизоцимом, а под плотностью «плотного» белка понимали результат уровня электростатических связей между овомуцином (особенно между предшествующими ему единицами — β) и лизоцимом [14–17].

Отмечено, что среднее значение соотношения составных частей белка находилось на уровне 58,5% в диапазоне от 57 до 60% по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 0,7 до 3,91%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 2%.

Установлено (табл. 6), что среднее значение соотношения составных частей желтка находилось на уровне 29,9 в диапазоне от 24 до 28 по всем кроссам. Коэффициенты вариации — от 2,8 до 20%. Средний уровень коэффициента вариации находился на уровне 4,7%.

Возможно, повышение доли желтка в яйце до 32% вряд ли будет экономически оправданным, но снижение до 28% и менее приведет к значительному снижению выводимости. Возможно, установить маркер по значению данного показателя до 30% как наиболее оптимального.

Так, показано, что по мере увеличения массы яиц увеличивается относительное содержание желтка и снижается содержание белка, что и отражается на их соотношении: отношение массы белка к желтку уменьшается, а массы желтка к белку, соответственно, возрастает. Доля белка и желтка в ее поддержании энергетической и биологической ценности определяется и сроком яйцекладки. В это же время с увеличением срока яйцекладки увеличивается абсолютная и относительная масса скорлупы, что отражается в конечном счете на качестве инкубационного яйца. Прочная скорлупа, увеличенная толщина и соотношение массовых частей снижают выводимость цыплят.

По данным мониторинга 2020–2024 гг. на инкубационном яйце импортного и отечественного производства было установлено оптимальное соотношение массы белка к желтку (на уровне 2,0).

Известно, что показатель плотности белка куриных яиц положительно коррелирует с массой плотного слоя белка, числом ед. Хау, массой желтка, массой суточного цыпленка и отрицательно — с соотношением «белок — желток» (табл. 7).

Среднее значение плотности белка яиц находилось на уровне 1,040 в диапазоне от 1,036 до 1,042 по всем кроссам. Коэффициент вариации был на уровне 0,1% [18–21].

Показано, что первоначальные показатели pH составляют при снесении яйца примерно 7,6, и увеличиваются до 9,0–9,2 через несколько дней. Распад белка приводит к увеличению pH, упрощает процессы газообмена и транспортировки питательных веществ к эмбриону. Щелочная pH, вероятно, защищает эмбрион от возможного бактериального заражения [22].

Среднее значение pH белка находилось на уровне 9,05 в диапазоне от 7,7 до 9,31 по всем кроссам. Коэффициенты вариации были от 0,4 до 6%. При этом

Таблица 5. Инкубационные качества яйца. Соотношение составных частей: скорлупа, %

Table 5. Hatchery qualities of the egg. Ratio of components: shell, %

Показатель	Ед. изм.	Среднее (M)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Соотношение составных частей: скорлупа, %							
Ross 308	%	11,13	0,22	0,63	10,20	12,30	5,66
Ross 308	%	11,65	0,19	0,38	11,10	11,90	3,25
Cobb 500	%	12,13	0,39	0,78	11,45	12,80	6,43
Cobb 500	%	11,04	0,15	0,55	9,70	11,60	4,96
«Смена 9»	%	11,65	7,67	3,83	3,88	6,44	7,72
Среднее значение по всем кроссам	%	11,52	1,72	1,23	9,27	11,01	5,60

Таблица 6. Инкубационные качества яйца: соотношение составных частей белка и желтка

Table 6. Hatchery qualities of eggs: the ratio of the components of the protein and yolk

Кросс	Ед. изм.	Среднее (M)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Соотношение составных частей: белок, %							
Ross 308	%	59,94	0,41	1,17	58,70	62,10	1,95
Ross 308	%	58,25	1,14	2,28	56,30	61,50	3,91
Cobb 500	%	58,16	0,19	0,41	57,70	58,60	0,71
Cobb 500	%	58,02	0,23	0,85	56,70	59,90	1,47
«Смена 9»	%	58,17	0,60	1,20	57,90	60,21	2,06
Среднее значение по всем кроссам	%	58,51	12,15	12,70	57,51	60,12	2,02
Соотношение составных частей: желток, %							
Ross 308	%	28,89	0,41	1,17	26,60	30,30	4,03
Ross 308	%	30,05	0,96	1,92	27,40	31,90	6,38
Cobb 500	%	29,58	0,56	1,13	28,60	30,55	3,81
Cobb 500	%	30,89	0,24	0,89	28,50	31,80	2,88
«Смена 9»	%	30,28	0,97	1,94	29,09	31,02	6,40
Среднее значение по всем кроссам	%	29,94	4,41	3,01	24,24	28,25	4,7

Таблица 7. Инкубационные качества яйца: плотность белка и желтка

Table 7. Hatchery qualities of the egg: density of protein and yolk

Показатель	Ед. изм.	Среднее (M)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Плотность белка							
Ross 308	г/см³	1,039	0,001	0,003	1,033	1,042	0,257
Ross 308	г/см³	1,040	0,000	0,001	1,039	1,041	0,092
Cobb 500	г/см³	1,044	0,00	0,00	1,04	1,040	0,12
Cobb 500	г/см³	1,038	0,001	0,004	1,034	1,046	0,344
«Смена 9»	г/см³	1,038	0,001	0,002	1,035	1,042	0,183
Среднее значение по всем кроссам	г/см³	1,040	0,001	0,002	1,036	1,042	0,199
Плотность желтка							
Ross 308	г/см³	1,025	0,001	0,002	1,022	1,026	0,154
Ross 308	г/см³	1,024	0,002	0,003	1,020	1,027	0,302
3 Cobb 500	г/см³	1,029	0,00	0,01	1,02	1,040	0,68
Cobb 500	г/см³	1,028	0,001	0,003	1,024	1,033	0,283
«Смена 9»	г/см³	1,023	0,000	0,002	1,020	1,026	0,169
Среднее значение по всем кроссам	г/см³	1,026	0,001	0,004	1,021	1,030	0,318

средний уровень коэффициента вариации отмечен в 1,7%.

На момент снесения яйца уровень pH желтка — от 6,0 до 6,3. Затем pH постепенно повышается и стабилизируется в пределах 6,5–6,8 (табл. 8).

В ряде источников отмечается, что кислотное число желтка, показывающее степень распада липидов, не должно превышать 5 мг КОН на 1 г желтка. Желток при хранении увеличивается в размере, становится более жидким, снижаются его индекс и коэффициент рефракции. Желточная оболочка теряет эластичность, и pH постепенно повышается (до 6,8), происходит расщепление жиров и распад азотистых соединений [23–25]. При хранении часто изменяется и цвет желтка, он становится более темным, иногда пятнистым. У яиц, хранившихся более 7 суток, кислотное число желтка превышает норму (5 мг КОН на 1 г желтка), содержание витамина E в желтке снижается в 1,5–2 раза.

Показано [22–24], что желток при хранении увеличивается в размере, становится более жидким, снижаются его индекс и коэффициент рефракции. Желточная оболочка теряет эластичность, и pH постепенно повышается (до 6,8), происходит разложение жиров и распад азотистых соединений. При хранении часто изменяется и цвет желтка, он становится более темным, иногда пятнистым. У яиц, хранившихся более 7 суток, кислотное число желтка превышает норму (5 мг КОН на 1 г желтка), содержание витамина E в желтке снижается в 1,5–2 раза. При инкубации яиц с кислотным числом свыше этого значения наблюдается повышенная смертность эмбрионов с признаками эмбриональной дистрофии [23–25]. В зарубежной практике данный показатель не применяется. Отмечено, что данный показатель не используется в зарубежной практике, а лабораторный метод оценки¹¹ имеет недостаточную точность. Кислотное число является мерой содержания свободных жирных кислот в жире желтка.

Показано, что кислотное число желтка не имеет фактологической доказательной базы в данном мониторинге на уровне ОСТ 10329 и ГОСТ Р 70610.

По данным авторов, значение этого показателя может быть увеличено до уровня 8 мг КОН на 1 г желтка. С другой стороны, данный показатель может быть исключен из перечня показателей, отражающих инкубационное качество яйца, как устаревший (табл. 9).

Оценку однородности признака проводили с использованием коэффициента вариации (CV), который определяли как отношение среднего квадратического отклонения к средней величине признака. По величине коэффициента вариации судили об интенсивности вариации признака и, следовательно, об однородности состава совокупности: чем больше величина коэффициента вариации, тем больше неоднородность совокупности.

На рисунке 1 представлено ранжирование коэффициентов вариации в следующем ряду: прочность скорлупы на растрескивание; толщина скорлупы; ед Хау; высота белка; высота желтка; диаметр желтка; индекс желтка; соотношение составных частей: скорлупа; соотношение составных частей: белок; соотношение составных частей: желток; плотность белка; плотность желтка; pH белка; pH желтка.

Совокупность признака считали однородной, если коэффициент вариации признака не превышал 33%.

Согласно проведенному мониторингу и

Таблица 8. Инкубационные качества яйца: pH белка и желтка

Table 8. Hatching qualities of the egg: pH of protein and yolk

Кросс	Ед. изм.	Среднее (М)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
pH белка							
Ross 308	pH	8,93	0,03	0,09	8,76	9,06	1,00
Ross 308	pH	8,95	0,03	0,06	8,89	9,02	0,72
Cobb 500	pH	9,10	0,01	0,04	9,03	9,15	0,48
Cobb 500	pH	9,19	0,01	0,05	9,12	9,28	0,51
«Смена 9»	pH	9,09	6,09	3,05	3,03	9,06	6,08
Среднее значение по всем кроссам	pH	9,05	1,23	0,66	7,77	9,31	1,76
pH желтка							
Ross 308	pH	6,20	0,02	0,05	6,13	6,30	0,86
Ross 308	pH	6,35	0,05	0,09	6,24	6,46	1,48
Cobb 500	pH	6,19	0,05	0,15	6,07	6,62	2,41
Cobb 500	pH	6,19	0,02	0,09	6,04	6,41	1,50
«Смена 9»	pH	6,19	4,05	2,02	2,06	3,41	4,09
Среднее значение по всем кроссам	pH	6,22	0,84	0,48	5,31	5,84	2,07

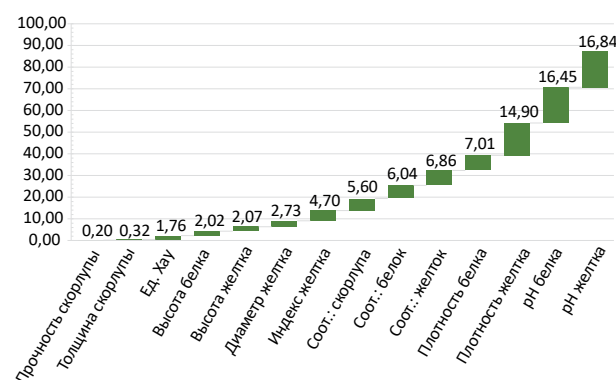
Таблица 9. Инкубационные качества яйца: кислотное число желтка

Table 9. Egg incubation qualities: yolk acid value

Кросс	Ед. изм.	Среднее (М)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (CV), %
Кислотное число желтка							
Ross 308	мг КОН / г	7,91	0,15	0,42	7,40	8,30	5,34
Ross 308	мг КОН / г	8,23	0,28	0,56	7,40	8,60	6,76
Cobb 500	мг КОН / г	8,98	0,31	0,69	8,00	9,65	7,72
Cobb 500	мг КОН / г	7,74	0,07	0,27	7,40	8,20	3,43
«Смена 9»	мг КОН / г	5,76	0,02	0,05	5,70	5,80	0,95
Среднее значение по всем кроссам	мг КОН / г	7,72	0,17	0,40	7,18	8,11	4,84

Рис. 1. Ранжирование коэффициентов вариации параметров инкубационных яиц при заданных параметрах продуктивности: оплодотворенность яиц 95–96,5%, вывод цыплят от 75 до 85%

Fig. 1. Ranking of coefficients of variation of incubation egg parameters with specified productivity parameters: egg fertilization 95–96.5%, chick hatching from 75 to 85%



статистическому анализу, все изучаемые признаки по коэффициенту вариации проявили однородную степень совокупности. Фактические результаты стали основой построения модели грейдирования и ранжирования инкубационного яйца по качественным признакам.

При ранжировании использовали шкалу физической

¹¹ Методические указания по диагностике и профилактике токсической дистрофии птиц 02.12.1998. Минсельхозпрод Республики Беларусь.

Таблица 10. Грейдирование и ранжирование инкубационных яиц
Table 10. Incubation qualities of eggs. Grading and ranking incubation eggs

Показатель	Ед.	Ориентировочные референтные значения	Грейд (AA — C)				Ранг I–IV
			AA	A	B	C	
			лучшее	хорошее	удовлетворительное	риски	
Оплодотворенность яиц	%	не ниже 95	95–96,5	95–96,5	95–96,5	95–96,5	95–96,5
Вывод молодняка птицы	%	не менее 85	86 <	85	< 80	< 75	86 <
Масса яйца, г	г	60–70	61–67	< 60	< 58 и > 70	< 52 и > 72	I
Индекс формы	%	70–82	77–80	75–82	70	< 68	II
Прочность скорлупы на растрескивание	кгс	3,80–5,90	5,00	4,50–5,50	3,80–5,90	< 3,00 и > 7,00	I
Толщина скорлупы	мм	0,33	0,33	0,33–0,36	0,30–0,40	< 0,27 и > 0,41	I
Массовая доля Са в скорлупе	%	32–39	38,5–39,0	38,0–39,0	32–39	< 37,0 и > 39,8	II
Ед. Хау (не менее)	ед. Хау	60–82	65–75	63–82	60–85	< 55 и > 90	I
Высота белка	мм	4,0–5,0	4,45	4,1–4,8	4,0–5,0	< 3,5 и > 5,5	I
Высота желтка	мм	17–19	17–18	17–19	16–19	< 16 и > 20	I
Диаметр желтка	мм	40–45	42–43	41–44	40–45	< 39 и > 47	I
Индекс желтка	i	0,41–0,44	0,42–0,43	0,41–0,43	0,41–0,44	< 0,40 и > 0,47	I
Скорлупа: соотношение к массе яйца	%	10,0–12,0	11,0–11,5	11,0–11,7	11,0–12,5	< 10,5 и > 13,0	I
Белок: соотношение к массе яйца	%	56–62	58–59	57–62	56–62	< 55 и > 63	II
Желток: соотношение к массе яйца	%	28–32	29–30	28–31	28–32	< 27 и > 33	II
Плотность белка	г/см³	1,037–1,075	1,039–1,040	1,039–1,045	1,037–1,075	< 1,036 и > 1,080	II
Плотность желтка	г/см³	1,020–1,030	1,023–1,028	1,021–1,030	1,020–1,030	< 1,019 и > 1,033	II
pH белка	pH	8,50–9,10	8,90–9,10	8,50–9,05	8,30–9,10	8,00 и > 9,50	I
pH желтка	pH	5,80–6,20	6,19–6,22	5,90–6,30	5,90–6,35	< 5,70 и > 6,45	II
Кислотное число желтка	мг KOH / г	8,2	< 8,2	8,5–9,0	< 10	11–12 <	IV
Ед. Хау Haugh Unit HU (USDA)	ед. Хау	< 30 и > 72		> 72 AA	31,0 > 59,9 A 60,0 > 71,9 B	30,0 > C	I

величины — шкалы порядка (шкалу рангов). Был использован метод предпочтения.

Данные результаты показаны в таблице 10, где приведены сумма рангов по каждому свойству и весовые свойства.

В целом было предложено установить ориентировочные референтные значения показателей качества при заданных параметрах продуктивности на уровне показателя оплодотворенности яиц 95–96,5% при выводе молодняка кур от 75 до 85% (табл. 10).

При детализации полученного фактического материала в результате мониторинга было предложено грейдировать инкубационные яйца на четыре грейда (AA, A, B, C) и ранжировать на четыре ранга (I, II, III, IV). В грейд закладывались показатели вывода молодняка, по результатам оценок определяли ранг и весовую (значимость) каждого исследуемого показателя. Данные оценки определяются как сумма рангов для каждого показателя.

Полученные данные позволяют использовать искусственный интеллект и строить прогностические модели в технологии инкубации яиц — прогнозировать вероятности и эффективности вывода.

Полученные данные, возможно, могут быть пригодны для моделирования производственных сценариев, а фермеры и компании могут использовать прогностические модели для принятия стратегий, минимизирующих негативное влияние определенных сценариев.

Выводы/Conclusion

1. Мониторинговые данные содержат статистически обработанную информацию, применение которой на практике существенно повышает эффективность продуктивных показателей инкубации в мясном птицеводстве при заданных параметрах продуктивности оплодотворенности яиц 95–96,5% при выводе молодняка от 75 до 85%.

2. Оценена фактологическая база данных, проведение грейдирования и ранжирования по 19 показателям.

3. Получены результаты по оптимальному соотношению массовых долей частей яйца при заданной продуктивности (оплодотворенность 95–96,5%, вывод цыплят от 75 до 85%): скорлупа — 11,5%, желток — 30%, белок — 58,5% (1:2,6:5). Показано, что оптимальное соотношение массы белка яйца к желтку на уровне 2,0.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в работу.
Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.
All authors made an equal contribution to the work.
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.
The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2024 году.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ayala M., Thomsen M., Pizzol M. Corrigendum to "Life Cycle Assessment of pilot scale production of seaweed-based bioplastic" [Algal Res. 71 (2023) 103036]. *Algal Research*. 2023; 76: 103313. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103313>
- Elilob O., Özlü S., Erkuş T., Nicholson D. Effects and Interactions of Incubation Time and Preplacement Holding Time on Mortality at Placement, Yolk Sac Utilization, Early Feeding Behavior and Broiler Live Performance. *Animals*. 2023; 13(24): 3827. <https://doi.org/10.3390/ani13243827>
- Corion M., Portillo-Estrada M., Santos S., Lammertyn J., De Ketelaere B., Hertog M. Non-destructive egg breed separation using advanced VOC analytical techniques HSSE-GC-MS, PTR-TOF-MS, and SIFT-MS: Assessment of performance and systems' complementarity. *Food Research International*. 2024; 176: 113802. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113802>
- Narushin V.G., Kent J.P., Salamon A., Romanov M.N., Griffin D.K. Density of egg interior: Looking inside an egg while keeping it intact. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2023; 87: 103387. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103387>
- Surai P.F., Kochish I.I., Romanov M.N., Griffin D.K. Nutritional modulation of the antioxidant capacities in poultry: the case of vitamin E. *Poultry Science*. 2019; 98(9): 4030–4041. <https://doi.org/10.3382/ps/pez072>
- Biesiada-Drzazga B. Evaluation of eggs in terms of hatching capability. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 2020; 19(2): 11–18. <https://doi.org/10.21005/asp.2020.19.2.02>
- Shafey T.M., Al-mohsen T.H., Al-sobayel A.A., Al-hassan M.J., Ghnnam M.M. Effects of Eggshell Pigmentation and Egg Size on the Spectral Properties and Characteristics of Eggshell of Meat and Layer Breeder Eggs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2002; 15(2): 279–302. <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.297>
- Khabisi M.M., Salahi A., Mousavi S.N. The influence of egg shell crack types on hatchability and chick quality. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 2012; 36(3): 289–295. <https://doi.org/10.3906/vet-1103-20>
- van den Brand H., Sosef M.P., Lourens A., van Harn J Effects of floor eggs on hatchability and later life performance in broiler chickens. *Poultry Science*. 2016; 95(5): 1025–1032. <https://doi.org/10.3382/ps/pew008>
- Станишевская О.И. Развитие куриных эмбрионов в яйцах с повышенной плотностью белка в зависимости от режима хранения и инкубации. *Сельскохозяйственная биология*. 2009; 44(2): 97–103. <https://elibrary.ru/kbyngz>
- Stanishevskaya O.I. Correlation between gas exchange of chicken embryos, their growth rate, livability, and nutrients consumption in embryonic and postnatal periods of development. *World's Poultry Science Journal*. 2006; 62(S): 484.
- Stanishevskaya O. Temperature regime of incubation as a tool for enhancement of breeding efficiency for improved meat properties in broiler chicken. *World's Poultry Science Journal*. 2010; 66(S): 740.
- Васильева Л.Т., Царенко П.П., Осипова Е.В. Прочность — главное качество скорлупы яиц. *Птица и птицепродукты*. 2012; (5): 51–56. <https://elibrary.ru/pplyvn>
- Никишов А.А., Рания А.Х.А. Инкубационные качества яиц кур белоскорлупного яичного кросса с разным соотношением массы и объема. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2014; (1): 60–65.
- Долгорукова А.М. Морфология и биохимический состав яиц мясных кур разного возраста. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2006; (5): 43–46. <https://elibrary.ru/hwvzzj>
- Щербатов В.И., Смирнова Л.И., Щербатов О.В. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы. Краснодар: КубГАУ. 2015; 184. ISBN 978-5-94672-855-3 <https://www.elibrary.ru/zdasgt>
- Дядичкина Л.Ф., Позднякова Н.С., Мелехина Т.А. Инкубационные качества яиц разных весовых категорий в зависимости от возраста кур несушек. *Достижения в современном птицеводстве: исследования и инновации. Материалы XVI Международной конференции*. Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства. 2009; 189–191. <https://www.elibrary.ru/ryisst>
- Дядичкина Л.Ф., Позднякова Н.С. Качество инкубационных яиц кур кросса «Родонит» в зависимости от сроков хранения. *Сборник научных трудов ВНИТИП*. Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства. 1998; 73: 46.
- Дядичкина Л.Ф. Качество яиц — залог успешной инкубации. *Птицеводство*. 2008; (3): 21–23. <https://www.elibrary.ru/jjnsdx>
- Metin P., Serdal D. The effects of prestorage incubation and length of storage of broiler breeder eggson hatchability and subsequent growth performance of progeny. *Czech Journal of Animal Science*. 2006; 51: 73–77. <https://doi.org/10.17221/3912-CJAS>

FUNDING

The research was carried out within the framework of the Thematic Plan-Task for the implementation of research work commissioned by the Ministry of Agriculture of Russia at the expense of the federal budget in 2024.

REFERENCES

- Ayala M., Thomsen M., Pizzol M. Corrigendum to "Life Cycle Assessment of pilot scale production of seaweed-based bioplastic" [Algal Res. 71 (2023) 103036]. *Algal Research*. 2023; 76: 103313. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103313>
- Elilob O., Özlü S., Erkuş T., Nicholson D. Effects and Interactions of Incubation Time and Preplacement Holding Time on Mortality at Placement, Yolk Sac Utilization, Early Feeding Behavior and Broiler Live Performance. *Animals*. 2023; 13(24): 3827. <https://doi.org/10.3390/ani13243827>
- Corion M., Portillo-Estrada M., Santos S., Lammertyn J., De Ketelaere B., Hertog M. Non-destructive egg breed separation using advanced VOC analytical techniques HSSE-GC-MS, PTR-TOF-MS, and SIFT-MS: Assessment of performance and systems' complementarity. *Food Research International*. 2024; 176: 113802. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113802>
- Narushin V.G., Kent J.P., Salamon A., Romanov M.N., Griffin D.K. Density of egg interior: Looking inside an egg while keeping it intact. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2023; 87: 103387. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103387>
- Surai P.F., Kochish I.I., Romanov M.N., Griffin D.K. Nutritional modulation of the antioxidant capacities in poultry: the case of vitamin E. *Poultry Science*. 2019; 98(9): 4030–4041. <https://doi.org/10.3382/ps/pez072>
- Biesiada-Drzazga B. Evaluation of eggs in terms of hatching capability. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 2020; 19(2): 11–18. <https://doi.org/10.21005/asp.2020.19.2.02>
- Shafey T.M., Al-mohsen T.H., Al-sobayel A.A., Al-hassan M.J., Ghnnam M.M. Effects of Eggshell Pigmentation and Egg Size on the Spectral Properties and Characteristics of Eggshell of Meat and Layer Breeder Eggs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2002; 15(2): 279–302. <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.297>
- Khabisi M.M., Salahi A., Mousavi S.N. The influence of egg shell crack types on hatchability and chick quality. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 2012; 36(3): 289–295. <https://doi.org/10.3906/vet-1103-20>
- van den Brand H., Sosef M.P., Lourens A., van Harn J Effects of floor eggs on hatchability and later life performance in broiler chickens. *Poultry Science*. 2016; 95(5): 1025–1032. <https://doi.org/10.3382/ps/pew008>
- Stanishevskaya O.I. Development of chicken embryos in eggs with higher protein density in connection with regime of keeping and incubation. *Agricultural Biology*. 2009; 44(2): 97–103 (in Russian). <https://elibrary.ru/kbyngz>
- Stanishevskaya O.I. Correlation between gas exchange of chicken embryos, their growth rate, livability, and nutrients consumption in embryonic and postnatal periods of development. *World's Poultry Science Journal*. 2006; 62(S): 484.
- Stanishevskaya O. Temperature regime of incubation as a tool for enhancement of breeding efficiency for improved meat properties in broiler chicken. *World's Poultry Science Journal*. 2010; 66(S): 740.
- Vasilyeva L.T., Tsarenko P.P., Osipova E.V. Durability is the main quality of eggshells. *Poultry & chicken products*. 2012; (5): 51–56 (in Russian). <https://elibrary.ru/pplyvn>
- Nikishov A.A., Rania A.H.A. Incubation qualities of eggs of white-shelled egg cross hens with different mass-volume ratios. *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry*. 2014; (1): 60–65.
- Dolgorukova A.M. Morphology and biochemical composition of eggs in meat hens of various age. *Doklady Rossiyskoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk*. 2006; (5): 43–46 (in Russian). <https://elibrary.ru/hwvzzj>
- Shcherbatov V.I., Smirnova L.I., Shcherbatov O.V. Incubation of poultry eggs. *Krasnodar: Kuban State Agrarian University*. 2015; 184 (in Russian). ISBN 978-5-94672-855-3 <https://www.elibrary.ru/zdasgt>
- Dyadichkina L.F., Pozdnyakova N.S., Melekhina T.A. Incubation qualities of eggs of different weight categories depending on the age of laying hens. *Achievements in modern poultry farming: research and innovation. Proceedings of the XVI International conference*. Sergiev Posad: All-Russian Scientific Research and Technological Poultry Institute. 2009; 189–191 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ryisst>
- Dyadichkina L.F., Pozdnyakova N.S. The quality of incubation eggs of chickens of the Rhodonite cross depending on the shelf life. *Sbornik nauchnykh trudov VNIITIP*. Sergiev Posad: All-Russian Scientific Research and Technological Poultry Institute. 1998; 73: 46 (in Russian).
- Dyadichkina L.F. Egg quality is the key to successful incubation. *Pitisevodstvo*. 2008; (3): 21–23 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jjnsdx>
- Metin P., Serdal D. The effects of prestorage incubation and length of storage of broiler breeder eggs on hatchability and subsequent growth performance of progeny. *Czech Journal of Animal Science*. 2006; 51: 73–77. <https://doi.org/10.17221/3912-CJAS>

21. Середа Т., Разумовская Л. Биологическая ценность белка яиц в различные сроки яйцекладки. *Птицеводство*. 2009; (3): 23. <https://www.elibrary.ru/oftwef>

22. Рожентов А.Л., Онегов А.В., Смоленцев С.Ю. Морфологические и биохимические показатели племенного инкубационного яйца в зависимости от принадлежности к кроссам кур-несушек родительского стада. *Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки*. 2020; 6(4): 418–425. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-4-418-425>

23. Ташкина А.А. Морфологические качества яиц мясных кроссов кур и пути синхронизации вывода цыплят. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук*. Сергиев Посад. 2018; 117. <https://www.elibrary.ru/bkupcw>

24. Reijrink I.A.M., Meijerhof R., Kemp B., Van Den Brand H. The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation. *World's Poultry Science Journal*. 2008; 64(4): 581–598. <https://doi.org/10.1017/S0043933908000214>

25. Михайленко А.М. Прединкубационное хранение яиц и эмбриональное развитие птицы. *Птицеводство*. 1975; (3): 32.

21. Sereda T., Razumovskaya L. The biological value of egg protein in different periods of egg laying. *Ptitsvodstvo*. 2009; (3): 23 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/oftwef>

22. Rozhentsov A.L., Onegov A.V., Smolentsev S.Yu. Morphological and biochemical indicators of breeding hatching eggs depending on the crosses of laying hens of the parent flock. *Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic sciences*. 2020; 6(4): 418–425 (in Russian). <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-4-418-425>

23. Tashkina A.A. Morphophysical qualities of eggs of meat crosses of chickens and ways of synchronizing the hatching of chickens. PhD (Agricultural Sciences) Thesis. Sergiev Posad. 2018; 117 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bkupcw>

24. Reijrink I.A.M., Meijerhof R., Kemp B., Van Den Brand H. The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation. *World's Poultry Science Journal*. 2008; 64(4): 581–598. <https://doi.org/10.1017/S0043933908000214>

25. Mikhailenko A.M. Pre-hatchery storage of eggs and embryonic development of poultry. *Ptitsvodstvo*. 1975; (3): 32 (in Russian).

ОБ АВТОРАХ

Сергей Олегович Шаповалов^{1,2}
доктор биологических наук, профессор¹;
доктор биологических наук, директор²
s.shapovalov@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0000-0002-5630-5247>

Николай Петрович Буряков¹
доктор биологических наук, профессор
kormlenieskota@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6776-0835>

Елена Вячеславовна Корнилова²
доктор сельскохозяйственных наук
e.kornilova@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0009-0009-9753-5952>

Алексей Валерьевич Жевнеров¹
кандидат химических наук, доцент
jevnerov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1658-762X>

Тристан Дмитриевич Алтухов¹
аспирант
tristansochi@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-4323-6529>

Дарья Сергеевна Аникина¹
аспирант
black-cat99@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1357-7365>

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Тимирязевская ул., 54, Москва, 127434, Россия

²ООО «Научно-испытательный центр НИЦ «Черкизово», Дорожная ул., 14, дер. Яковлевское, Москва, 143340, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Sergey Olegovich Shapovalov^{1,2}
Doctor of Biological Sciences, Professor¹;
Doctor of Biological Sciences, Director²
s.shapovalov@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0000-0002-5630-5247>

Nilolai Petrovich Buryakov¹
Doctor of Biological Sciences, Professor
kormlenieskota@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6776-0835>

Elena Vyacheslavovna Kornilova²
Doctor of Agricultural Sciences
e.kornilova@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0009-0009-9753-5952>

Alexey Valeryevich Zhevnerov¹
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
jevnerov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1658-762X>

Tristan Dmitrievich Altukhov¹
Graduate Student
tristansochi@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-4323-6529>

Daria Sergeevna Anikina¹
Graduate Student
black-cat99@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1357-7365>

¹Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 54 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian

²LLC SIC "Cherkizovo", 14 Dorozhnaya Str., Yakovlevskoye village, Moscow, 143340, Russia

Подпишитесь на печатные выпуски «АГРАРНОЙ НАУКИ» с любого месяца и на любой срок

» В РЕДАКЦИИ по тел. +7 (495) 777 67 67, доб. 1453, по agrovetpress@inbox.ru

» В АГЕНТСТВЕ ПОДПИСКИ
ООО «Урал-Пресс Округ»
<https://www.ural-press.ru/catalog/>

» БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА
НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ
на отраслевом портале
<https://agrarnayanauka.ru>

» ПОДПИСКА НА АРХИВНЫЕ НОМЕРА
И ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ
на сайте Научной электронной библиотеки
www.elibrary.ru

