

**Морфометрические показатели и идентификация генотипов**

УДК 636.5:636.082.13:591.465.11

doi: 10.15389/agrobiology.2022.4.694rus

**ПОРОДНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПЕРЕПЕЛОВ  
(*Coturnix japonica*) ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ  
ПРИЗНАКАМ ЯЙЦА**А.Б. ДЫМКОВ<sup>1</sup> ✉, В.И. ФИСИНИН<sup>2</sup>

Успех селекционной работы с перепелами (*Coturnix japonica*) во многом зависит от возможности идентифицировать породы, в том числе по общности их происхождения. Масса яйца — обязательный описательный признак при испытании пород и линий сельскохозяйственной птицы на отличимость, однородность и стабильность. В нашей работе впервые представлены результаты дифференциации пород перепелов по морфологическим признакам яиц и установлено влияние породной принадлежности перепелов на морфологические показатели яиц. Целью работы было изучение возможности дискриминировать породы перепелов по происхождению на основе морфологических признаков яиц. Исследование проведено на яйцах перепелок селекционного стада пород японская ( $n = 240$ ), омская ( $n = 720$ ), фараон ( $n = 720$ ), техасский белый перепел ( $n = 360$ ) в возрасте 238-242 сут (СибНИИП — филиал ФГБНУ «Омский АНЦ», г. Омск, 2020). От каждой несушки брали по три последовательно снесенных яйца. Морфологический анализ яиц проводили в соответствии с методикой ФНЦ «ВНИТИП» РАН («Методика проведения анатомической разделки тушек и органолептической оценки качества мяса и яиц сельскохозяйственной птицы и морфологии яиц». Сергиев Посад, 2013) по следующим показателям: большой диаметр яйца (мм), малый диаметр яйца (мм), масса яйца (г), абсолютные массы скорлупы (г), желтка (г), белка с разделением по фракциям (г), высота белка (мм), высота желтка (мм), толщина скорлупы (мкм) на остром полюсе, на экваторе, на тупом полюсе. Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics v.23. В качестве фактора, влияющего на показатели морфологического состава яиц, учитывали породную принадлежность. Силу влияния породы ( $\eta^2$ ) оценивали с помощью дисперсионного анализа (ANOVA). По мере уклонения пород в сторону мясной продуктивности увеличивалась масса яйца и его составляющих. Целенаправленная селекция перепелов пород японская, омская, фараон и техасский белый по хозяйственно полезным признакам привела к их достоверным различиям по массе яйца ( $\eta^2 = 0,723$ ;  $p < 0,001$ ). Масса яйца перепелов в большей степени зависела от массы белка ( $r = 0,897-0,911$ ;  $p < 0,01$ ). Отличимость массы яиц как породного признака обусловлена породными различиями по следующим морфологическим признакам: масса наружного жидкого слоя белка ( $\eta^2 = 0,642$ ;  $p < 0,001$ ), наружного плотного слоя белка ( $\eta^2 = 0,796$ ;  $p < 0,001$ ), высота плотного слоя белка ( $\eta^2 = 0,627$ ;  $p < 0,001$ ), большой и малый диаметр яйца (соответственно  $\eta^2 = 0,776$  и  $\eta^2 = 0,852$ ;  $p < 0,001$ ). На основании различающихся морфологических признаков породы объединялись в кластеры по степени схожести генотипа. Результаты исследования позволяют предложить использовать данные морфологического анализа яиц для предварительного определения степени родства пород перепелов.

**Ключевые слова:** *Coturnix japonica*, перепела, морфологический анализ яиц, дисперсионный анализ, сила влияния породы, степень родства.

Мировая тенденция современного перепеловодства — организация производства на основе промышленных технологий. При этом, как показывает многолетний опыт куроводства и индейководства, увеличение продуктивности достигается за счет использования кроссов птицы — комплекса сочетающихся линий (1).

Особенность отечественного перепеловодства — разнообразие популяций часто неизвестного происхождения. Это создает селекционную проблему, так как для получения линий перепелов необходимо изучение продуктивных качеств имеющегося в России генофонда и выделение перспективных специализированных (яичных и мясных) пород. Для увеличения генетического разнообразия составляющих кросс пород или линий необходимо знать степень их родства, то есть идентифицировать существующие породы и популяции (2).

Масса яйца — один из обязательных признаков при проведении испытаний пород и линий сельскохозяйственной птицы на отличимость, од-

нородность и стабильность (3, 4).

Яйцо птицы — это сложная и высокодифференцированная половая клетка, содержащая питательные вещества, необходимые для развития эмбриона. На массу и свойства яйца влияют генотипические и паратипические факторы (5). Организм птицы реагирует на условия кормления и содержания, что отражается на репродуктивной системе. Под воздействием этих факторов претерпевают количественные и качественные изменения составные части яйца — белок, желток и скорлупа (6-8).

Кроме того, составные части яйца изменяются с возрастом несушки: увеличивается масса яйца, уменьшается толщина скорлупы и количественное соотношение белка и желтка, регрессирует их биологическая ценность (9). Такая изменчивость находится в пределах нормы реакции в соответствии с видовой, породной и линейной принадлежностью птицы. В частности, установлены достоверные различия по массе яиц, массе и толщине скорлупы между перепелами (*Coturnix japonica*) серой и белой пород при содержании в условиях повышенной температуры (10). Как известно, коэффициент наследуемости массы яйца — один из наиболее высоких среди количественных признаков, на основании чего предполагают, что этот признак контролируется меньшим числом генов, чем другие хозяйственно полезные признаки (11-13).

С биологической точки зрения целенаправленное увеличение живой массы — отклонение от естественного генетического статуса вида птицы. Такое отклонение влечет за собой увеличение массы и морфологических качеств яйца (14, 15). Отмечена взаимозависимость массы яйца с другими показателями продуктивности, в том числе с живой массой (16, 17).

У кур (*Gallus gallus*) выявлена положительная и достоверная фенотипическая корреляция массы яйца с его геометрическими размерами (большой и малый диаметры), а также с массой белка, желтка и скорлупы и отрицательная — с индексом скорлупы (18-20). Наряду с фенотипической корреляцией, масса яйца имеет статистически значимые ( $p < 0,01$ ) положительные генетические корреляции с массой скорлупы ( $r = 0,73$ ), массой белка ( $r = 0,73$ ) и желтка ( $r = 0,68$ ), с высотой желтка ( $r = 0,51$ ), диаметром желтка ( $r = 0,46$ ) и его индексом ( $r = 0,42$ ). Большинство внутренних качественных признаков яйца варьировались в зависимости от изменения его массы (21). Сравнение морфологических особенностей яиц у птицы одного вида — *G. gallus*, но разных пород (Utrerana и Leghorn) показало достоверные межпородные различия по массе яйца, его геометрическим размерам, массе белка и желтка. В отношении обеих пород установлено, что внешние признаки яйца (масса, малый и большой диаметр) имеют связь с его внутренней морфологией (22).

Накопленные научные данные свидетельствуют о том, что масса яйца служит детерминантой большинства его количественных и качественных признаков, обуславливающей видовую, породную и линейную принадлежность птицы, однако исследования в этой области пока что носят фрагментарный характер. Например, известно, что масса яйца эволюционирует под воздействием селекции по направлению продуктивности птицы. Этот признак считается одним из ключевых при идентификации вида, породы, линии. Также есть данные, что изменение массы яйца влечет за собой модификацию его внутренней структуры.

Закономерно возникает вопрос: какие составные части яйца в большей степени изменяются под воздействием селекции и могут ли эти морфологические характеристики быть применимы для определения степени близости генотипа пород. Мы предположили, что построение дендро-

грамм по степени сходства комплекса морфологических признаков яйца домашней птицы можно использовать как основу для иерархической классификации пород и линий и предварительной оценки их близости по происхождению. Выбор перепелов (*C. japonica*) для нашего исследования обоснован тем, что это одновременно и сельскохозяйственная птица, и модельный вид, который широко используется в генетических исследованиях (23-25).

В настоящей работе впервые представлены результаты анализа влияния породной принадлежности перепелов разного направления продуктивности на морфологические признаки яйца. Показано, что селекция перепелов по живой массе в большей степени сказывается на геометрических размерах яйца, его массе в целом, массе его фракций, а также на толщине скорлупы. Выявлена возможность использования морфологических характеристик яиц для предварительной идентификации происхождения пород перепелов.

Целью работы было изучение дифференциации пород перепелов и определение степени их родства на основе отличимости морфологических признаков яиц.

*Методика.* Исследование проводили на яйцах перепелок селекционного стада пород японская ( $n = 240$ ), омская ( $n = 720$ ), фараон ( $n = 720$ ), техасский белый ( $n = 360$ ) в возрасте 238-242 сут (СибНИИП — филиал ФГБНУ Омский АНЦ, г. Омск, 2020 год). Рационы и условия содержания птицы соответствовали рекомендуемым (26).

От каждой несушки брали по три последовательно снесенных яйца. Морфологический анализ яиц проводили в соответствии с методикой ФНЦ ВНИТИП РАН (27) по следующим показателям: большой диаметр яйца (мм), малый диаметр яйца (мм), масса яйца (г), абсолютная масса скорлупы (г), желтка (г), белка с разделением по фракциям (г), высота белка (мм), высота желтка (мм), толщина скорлупы (мкм). Использовали электронные весы HL 100 («A&D Company, Ltd.», Япония), цифровой штангенциркуль ТОРЕХ 31С628 150 мм, 0.02 мм («Grupa Torех», Польша), высотометр.

Данные по массе белка, массе наружных фракций белка, высоте белка, большого и малого диаметров использовали для иерархической классификации исследуемых пород с построением дендрограммы с последовательным объединением кластеров по степени сходства комплекса признаков. О сходимости кластеров судили по евклидову расстоянию.

Статистический анализ проводили с помощью программного обеспечения IBM SPSS Statistics v.23 (<https://www.ibm.com/support/pages/downloading-ibm-spss-statistics-23>). Для измеренных показателей представлены средние ( $M$ ) и их стандартные ошибки ( $\pm SEM$ ). Различия считали статистически значимыми при уровне  $t$ -критерия Стьюдента  $p < 0,05$ . Степень изменчивости признаков оценивали по коэффициенту вариации ( $C_v$ ). Варьирование признака считали слабым при  $C_v < 10\%$ , средним — при  $C_v$ , равном 10-20%, и значительным — при  $C_v > 20\%$ . Для измерения силы взаимозависимости показателей использовали корреляционный и регрессионный анализы. Коэффициенты фенотипической корреляции устанавливали на основе парных сравнений признаков. В качестве фактора, влияющего на показатели морфологического состава яиц, учитывали породную принадлежность. Для оценки силы влияния породы ( $\eta^2$ ) применили дисперсионный анализ (ANOVA). Влияние фактора считали достоверным при уровне значимости  $F$ -критерия Фишера от  $p < 0,05$  до  $p < 0,001$ .

*Результаты.* Большие выборки яиц от каждой породы позволили получить репрезентативные результаты.

1. Результаты морфологического анализа яиц перепелов (*Coturnix japonica*) разных пород (СибНИИП — филиал ФГБНУ Омский АНЦ, г. Омск, 2020 год)

Показатель	Порода перепелов							
	японская (n = 240)		омская (n = 720)		фараон (n = 720)		техасский белый (n = 360)	
	M±SEM	Cv, %	M±SEM	Cv, %	M±SEM	Cv, %	M±SEM	Cv, %
Абсолютная масса, г:								
яйца	12,74±0,111 <sup>bcd</sup>	7,66	13,62±0,075 <sup>acd</sup>	7,07	14,35±0,079 <sup>abd</sup>	4,53	15,31±0,068 <sup>abc</sup>	8,61
скорлупы	1,28±0,013 <sup>bcd</sup>	9,93	1,32±0,007 <sup>acd</sup>	9,40	1,36±0,013 <sup>abd</sup>	7,92	1,47±0,007 <sup>abc</sup>	9,33
белка	7,41±0,049 <sup>bcd</sup>	8,38	8,03±0,060 <sup>acd</sup>	8,12	8,69±0,060 <sup>abd</sup>	6,05	9,18±0,046 <sup>abc</sup>	8,78
желтка	4,05±0,042 <sup>bcd</sup>	11,39	4,27±0,029 <sup>acd</sup>	10,77	4,30±0,040 <sup>abd</sup>	7,83	4,66±0,028 <sup>abc</sup>	11,76
Абсолютная масса слоев белка, г:								
наружного жидкого	2,84±0,038 <sup>bcd</sup>	22,42	3,02±0,031 <sup>ad</sup>	20,75	3,09±0,089 <sup>ad</sup>	26,67	3,33±0,041 <sup>abc</sup>	23,85
наружного плотного	3,10±0,113 <sup>bcd</sup>	12,08	3,44±0,051 <sup>acd</sup>	15,76	3,60±0,060 <sup>abd</sup>	15,38	3,83±0,042 <sup>abc</sup>	11,43
внутреннего жидкого	1,34±0,026 <sup>bcd</sup>	33,44	1,42±0,025 <sup>acd</sup>	34,96	1,84±0,092 <sup>ab</sup>	40,38	1,83±0,019 <sup>ab</sup>	31,30
внутреннего плотного	0,13±0,003 <sup>bcd</sup>	49,16	0,15±0,006 <sup>ad</sup>	41,34	0,16±0,009 <sup>ad</sup>	44,03	0,19±0,011 <sup>abc</sup>	47,86
Диаметр яйца, мм:								
большой	34,73±0,093 <sup>bcd</sup>	4,91	35,11±0,046 <sup>acd</sup>	3,51	35,86±0,200 <sup>abd</sup>	4,66	37,19±0,084 <sup>abc</sup>	4,40
малый	25,23±0,100 <sup>bcd</sup>	3,44	25,62±0,079 <sup>acd</sup>	4,52	26,51±0,111 <sup>abd</sup>	3,02	27,32±0,079 <sup>abc</sup>	5,60
Индекс скорлупы, %	74,54±0,531 <sup>b</sup>	6,28	72,97±0,046 <sup>acd</sup>	4,81	73,93±0,420 <sup>b</sup>	4,45	73,46±0,244 <sup>b</sup>	6,45
Высота, мкм:								
наружного плотного белка	510±7,5 <sup>bcd</sup>	21,27	491±5,7 <sup>ad</sup>	29,53	488±4,9 <sup>ad</sup>	24,85	457±5,3 <sup>abc</sup>	22,69
желтка	1111±6,4 <sup>bcd</sup>	5,02	1136±5,3 <sup>acd</sup>	9,55	1162±5,2 <sup>abd</sup>	7,18	1231±4,7 <sup>abc</sup>	7,57
Толщина скорлупы, мкм	186±1,1 <sup>bcd</sup>	7,43	192±1,0 <sup>acd</sup>	10,86	198±1,1 <sup>abd</sup>	8,83	202±0,9 <sup>abc</sup>	9,63

Примечание. Возраст несушек 238-242 сут. Латинскими буквами <sup>a, b, c и d</sup> отмечены достоверные различия (p < 0,05) с породами (соответственно японская, омская, фараон и техасский белый).

Масса яйца в пределах породы варьировала слабо ( $C_v < 10\%$ ). Это свидетельствует о том, что исследование проводилось на породах перепелов, консолидированных по указанному показателю. Направление продуктивности достоверно проявилось в разнице пород по массе яиц. Японская порода (яичное направление) уступала по массе яйца мясояичной омской породе на 6,46 %, мясным породам фараон и тexasский белый — соответственно на 11,22 и 19,74 %. В свою очередь, у омской породы масса яйца была меньше, чем у пород фараон и тexasский белый, соответственно на 5,09 и 11,04 %. Порода тexasский белый, которая отличается от других представленных пород большей живой массой, имела и наибольшую массу яйца (табл. 1).

Различия между породами по массе яйца отразились на геометрических размерах яиц. Более тяжелые породы перепелов по большому и малому диаметру яиц достоверно превосходили легкие. Так, у омской породы большой и малый диаметры яйца были больше, чем у японской, на 1,08 и 1,52 %, у породы фараон в сравнении с омской — соответственно на 2,09 и 3,36 %, у породы тexasский белый по отношению к породе фараон — на 3,58 и 2,96 % (см. табл. 1).

По малому диаметру яйца прослеживалась тенденция более заметной разницы между породами, чем по большому. При статистической обработке всего массива данных по четырем породам определение коэффициента регрессии массы и диаметров яиц показало, что с увеличением массы яйца на 1 г большой диаметр яйца увеличивается на 0,318 мм, малый — на 0,363 мм ( $p < 0,001$ ). По индексу скорлупы установлено только достоверное отличие омской породы от трех остальных (см. табл. 1).

Наибольшие различия между породами отмечали по массе белка. Так, японская порода по этому показателю уступала породам омская, фараон и тexasский белый соответственно на 7,72; 14,73 и 19,28 %; омская — породам фараон и тexasский белый на 7,59 и 12,53 %; фараон — породе тexasский белый на 5,34 %. С увеличением массы яйца разница между породами по абсолютной массе белка снижалась (см. табл. 1).

Различия между породами по массе скорлупы и желтка оказались достоверными и сопоставимыми между собой. По массе желтка разница между японской и другими породами составила соответственно 5,15; 5,81 и 13,09 %, омской породы с породами фараон и тexasский белый — 0,70 и 8,37 %, между породами фараон и тexasский белый — 7,73 %. Между породами омская и фараон различие по массе желтка было недостоверным. У японской породы масса скорлупы яйца была меньше, чем у пород омская, фараон и тexasский белый, соответственно на 3,03; 5,88 и 12,93 %, у омской породы в сравнении с породами фараон и тexasский белый — на 7,59 и 12,53 %, у породы фараон относительно тexasского белого — на 7,48 %.

Полученные данные согласуются с результатами А. Taskin с соавт. (28), которые показали, что перепела, разделенные на группы по живой массе, имели различия по массе яйца и его морфологическим признакам, при этом устойчиво передавали эти различия потомству.

В нашем исследовании прослеживалась тенденция возрастания толщины скорлупы по мере уклонения пород в сторону мясной продуктивности (см. табл. 1). Омская порода по массе яйца, скорлупы и желтка в большей степени отличалась от японской, чем от породы фараон. Это факт можно объяснить тем, что исходная популяция омской породы создана на основе генетического материала указанных пород, но имела долю кровности  $3/4$  по породе фараон.

Изменчивость составных частей яйца у перепелов всех пород оказалась невысокой (см. табл. 1). Коэффициенты вариаций массы скорлупы и белка были низкими, желтка — средними, но близкими к 10 %. Интерес представляет коэффициент вариации массы белка яйца, который меньше коэффициентов вариации массы скорлупы и желтка. В ранее проведенных нами исследованиях на курах яичных и мясных кроссов установлено, что коэффициенты вариации массы белка яиц превосходили по величине таковые для скорлупы и желтка (29, 30).

Масса яйца в большей степени зависела от массы белка (соответственно для пород японская, омская, фараон и тexasский белый  $r_{я} = 0,902$ ;  $r_0 = 0,903$ ;  $r_{ф} = 0,897$ ;  $r_{т} = 0,911$ ;  $p < 0,01$ ), чем от массы скорлупы ( $r_{я} = 0,699$ ;  $r_0 = 0,494$ ;  $r_{ф} = 0,557$ ;  $r_{т} = 0,535$ ;  $p < 0,01$ ) и массы желтка ( $r_{я} = 0,610$ ;  $r_0 = 0,580$ ;  $r_{ф} = 0,702$ ;  $r_{т} = 0,758$ ;  $p < 0,01$ ). Показатели массы белка, желтка и скорлупы положительно коррелировали между собой. Коэффициенты корреляции были умеренными или слабыми, но достоверными ( $p < 0,01$ ): для массы белка и скорлупы  $r_{я} = 0,326$ ;  $r_0 = 0,273$ ;  $r_{ф} = 0,405$ ;  $r_{т} = 0,393$ ; для массы белка и желтка  $r_{я} = 0,213$ ;  $r_0 = 0,182$ ;  $r_{ф} = 0,332$ ;  $r_{т} = 0,436$ ; для массы желтка и скорлупы  $r_{я} = 0,300$ ;  $r_0 = 0,475$ ;  $r_{ф} = 0,345$ ;  $r_{т} = 0,379$ .

Белок яйца состоит из четырех слоев — двух наружных и двух внутренних. Основная доля белка яйца приходилась на его наружные фракции, которые составляли у яичной и мясояичной пород (японская и омская) 80 %, а у мясных (фараон и тexasский белый) несколько меньше — 77-78 %. Достоверные различия между всеми породами проявились только по массе наружного плотного белка. Так, у породы тexasский белый содержание белка в этом слое в яйце было больше, чем у пород фараон (на 6,01 %), омская (на 10,18 %), японская (на 19,06 %). В свою очередь, масса этого слоя белка у породы фараон была больше, чем у омской (на 4,44 %) и японской (на 13,89 %) пород. У омской породы масса внутреннего плотного белка была больше, чем у японской (на 9,88 %). По массе наружного плотного слоя омская порода приближалась в большей степени к породе фараон, чем к японской породе. Эта тенденция согласуется с выявленными нами различиями между изученными породами по массе белка.

У всех изучаемых пород мы установили положительную корреляционную связь размеров яйца с массой белка и его внешними фракциями. Коэффициенты корреляции варьировали от низких до умеренных, но были достоверными ( $p < 0,01$ ): для большого диаметра яйца —  $r$  с массой белка от 0,345 до 0,613, с массой наружного жидкого слоя от 0,259 до 0,289, с массой наружного плотного слоя от 0,264 до 0,299; для малого диаметра яйца —  $r$  с массой белка от 0,527 до 0,703, с массой наружного жидкого слоя от 0,304 до 0,571, с массой наружного плотного слоя от 0,285 до 0,315.

Инкубационную ценность яиц характеризуют такие показатели, как индекс белка и единицы Хау. В соответствии с математическими формулами расчета эти индексы прямо связаны с высотой плотного наружного слоя белка. Сравнительный анализ яиц позволил установить следующую закономерность: по мере уклонения пород в сторону мясной продуктивности высота наружного плотного слоя белка снижалась. Это согласуется с данными П.П. Царенко (23) о том, что яйца тяжелых пород кур, уток, индеек и гусей по сравнению с легкими породами имеют несколько меньшую высоту белка.

В отношении остальных фракций белка мы выявили следующие тенденции. Японская порода достоверно уступала трем остальным по массе наружного и внутреннего жидкого и внутреннего плотного белка. Масса этих слоев белка у породы омская была достоверно меньше, чем у породы

техасский белый. По массе внутреннего жидкого белка близкими между собой оказались породы фараон и техасский белый, по массе наружного жидкого и внутреннего плотного белка — породы омская и фараон. У всех пород мы установили отрицательную достоверную ( $p < 0,01$ ) корреляционную зависимость умеренной силы между массой жидкого и плотного наружных слоев белка ( $r_{я} = -0,416$ ,  $r_{о} = -0,300$ ,  $r_{ф} = -0,605$ ,  $r_{т} = -0,472$ ).

Наружные слои белка обладали значительно меньшей изменчивостью по сравнению с внутренними слоями. Наименьшую изменчивость у всех четырех пород перепелов отмечали в отношении наружного плотного слоя белка, которая находилась на среднем уровне, приближаясь к нижнему пределу у пород японская и техасский белый.

Наружные фракции белка по сравнению с внутренними имели более тесную корреляционную связь как с массой всего белка, так и с массой яйца. Степень корреляции массы белка и яйца с массой наружного жидкого белка была умеренной, с массой наружного плотного — умеренной и высокой. Коэффициенты корреляции для внутренних фракций белка оказались низкими и в большинстве случаев недостоверными (табл. 2).

## 2. Коэффициенты корреляции ( $r$ ) массы яйца и белка с массой слоев белка у перепелов (*Coturnix japonica*) разных пород (СибНИИП — филиал ФГБНУ Омский АНЦ, г. Омск, 2020 год)

Слой белка	Порода перепелов							
	японская ( $n = 240$ )		омская ( $n = 720$ )		фараон ( $n = 720$ )		техасский белый ( $n = 360$ )	
	яйцо	белок	яйцо	белок	яйцо	белок	яйцо	белок
Наружный:								
жидкий	0,219 <sup>b</sup>	0,389 <sup>b</sup>	0,206 <sup>b</sup>	0,400 <sup>b</sup>	0,204 <sup>b</sup>	0,203 <sup>b</sup>	0,309 <sup>b</sup>	0,312 <sup>b</sup>
плотный	0,379 <sup>b</sup>	0,659 <sup>b</sup>	0,677 <sup>b</sup>	0,841 <sup>b</sup>	0,244 <sup>b</sup>	0,492 <sup>b</sup>	0,381 <sup>b</sup>	0,439 <sup>b</sup>
Внутренний:								
жидкий	0,013	0,153 <sup>b</sup>	0,257 <sup>b</sup>	0,227 <sup>b</sup>	0,152 <sup>b</sup>	0,189 <sup>b</sup>	0,199 <sup>b</sup>	0,145 <sup>b</sup>
плотный	0,016	0,127 <sup>a</sup>	0,007	0,145 <sup>b</sup>	0,005	0,101 <sup>a</sup>	0,046	0,123 <sup>a</sup>

Примечание. Возраст несушек 238-242 сут. Латинскими буквами <sup>a</sup> и <sup>b</sup> отмечены корреляции, статистически значимые соответственно при  $p < 0,05$  и  $p < 0,01$ .

## 3. Сила влияния породной принадлежности перепелов (*Coturnix japonica*) на морфологические показатели яиц (СибНИИП — филиал ФГБНУ Омский АНЦ, г. Омск, 2020 год)

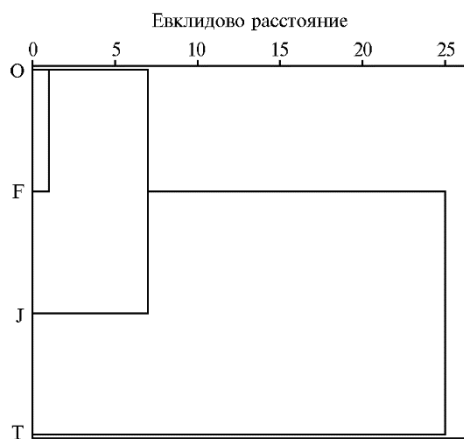
Показатель	$\eta^2$	$F$	$p$
Абсолютная масса, г:			
яйца	0,723	10,908	0,000
скорлупы	0,354	8,280	0,000
белка	0,633	10,958	0,000
желтка	0,496	7,759	
Абсолютная масса слоев белка, г:			
наружного жидкого	0,642	7,682	0,000
наружного плотного	0,796	12,418	0,000
внутреннего жидкого	0,498	7,624	0,000
внутреннего плотного	0,058	2,260	0,086
Высота наружного плотного белка, мкм	0,627	7,774	0,000
Диаметр яйца, мм:			
большой	0,776	11,434	0,000
малый	0,852	18,788	0,000
Индекс скорлупы	0,721	8,704	0,000
Толщина скорлупы, мкм	0,291	8,455	0,000

Примечание. Возраст несушек 238-242 сут.

Мы применили однофакторный дисперсионный анализ, чтобы установить достоверность различимости пород перепелов по морфологическому строению яиц. Для всех изученных морфологических признаков яйца (за исключением массы внутреннего плотного слоя белка) влияние фактора породы было статистически значимым ( $p < 0,001$ ) (табл. 3).

Видовая и породная принадлежность — один из главных факторов, ограничивающих изменчивость массы яйца (31). В нашем исследовании сила влияния фактора породы была высокой. У составных частей яйца изучаемый фактор в большей степени определял массу белка, чем массу скорлупы и желтка. Генотипическое влияние на изменчивость масс слоев оказалось неодинаковым. Влияние породы в большей степени обусловило изменчивость массы наружных фракций белка и высоты его наружного плотного слоя. По величине эта изменчивость оказалась сопоставима с таковой для массы целого яйца. Доля изменчивости внутренних слоев белка, зависящая от породы, оказалась значительно меньше, хотя и оставалась достоверной. Геометрические размеры яиц также определялись породной принадлежностью перепелов. Влияние фактора породы сильнее проявлялось в отношении малого диаметра яйца, чем в отношении большого диаметра. Доля изменчивости толщины скорлупы, контролируемая породой, была низкой (см. табл. 3).

В целом можно констатировать тот факт, что долей генотипической изменчивости, сопоставимой с таковой для массы яйца, характеризовались следующие морфологические признаки: масса белка, масса его наружных фракций, большой и малый диаметр яйца, высота наружного плотного слоя белка. На основании анализа доли влияния породы на изменчивость морфологических показателей яйца мы выбрали эти признаки для иерархической классификации пород перепелов (рис.).



**Иерархический анализ морфологических показателей яиц у пород перепелов (*Coturnix japonica*):** J — японская порода, O — омская порода, F — порода фараон, T — порода техасский белый (СибНИИП — филиал ФГБНУ Омский АНЦ, г. Омск, 2020 год).

Изучаемые породы имеют общность происхождения. У омского перепела  $\frac{1}{4}$  доля кровности по японской породе и  $\frac{3}{4}$  — по породе фараон. Порода фараон выведена в результате многолетней селекционной работы с японским перепелом. На одном из этапов создания породы техасский белый использовался племенной материал японской породы (1). Процесс агрегирования данных шел в направлении снижения степени родства пород. На первом этапе произошло объединение в один кластер пород фараон и омская. На следующем кластер обеих пород объединился с японской породой, затем на большой удаленности произошло объединение трех пород с породой техасский белый.

Проведенное нами исследование показывает, что создание специализированных по хозяйственно полезным признакам пород перепелов приводит к изменению массы яйца и его морфологических признаков. Так, у мясных пород по сравнению с яичными и мясо-яичными больше масса яйца, его геометрические размеры, масса скорлупы, белка и желтка. Это согласуется с сообщениями о том, что породы птицы обладают специфичными морфологическими признаками яйца (32-35). При этом ряд авторов указывают, что между массой яйца и его внутренним строением существуют статистически значимые фенотипические и генетические корреляции (36-38).

Проведенное нами исследование показывает, что создание специализированных по хозяйственно полезным признакам пород перепелов приводит к изменению массы яйца и его морфологических признаков. Так, у мясных пород по сравнению с яичными и мясо-яичными больше масса яйца, его геометрические размеры, масса скорлупы, белка и желтка. Это согласуется с сообщениями о том, что породы птицы обладают специфичными морфологическими признаками яйца (32-35). При этом ряд авторов указывают, что между массой яйца и его внутренним строением существуют статистически значимые фенотипические и генетические корреляции (36-38).

N. Vali (39) приводит данные о коэффициентах наследуемости у



перепелов: для массы яйца — 0,32-0,65, массы белка — 0,35, массы скорлупы — 0,25-0,60. Установленные нами доли влияния пород на соответствующие морфологические признаки были близки к этим значениям.

Наше исследование дополняет известные данные более углубленным анализом влияния породы перепелов на такие морфологические признаки яиц, как масса наружных и внутренних фракций белка, высота наружного плотного слоя белка. Обобщив имеющиеся научные публикации и результаты собственных исследований, мы выдвинули гипотезу о возможности использования морфологического состава яиц для идентификации пород перепелов.

Метод иерархической классификации для определения степени родства достаточно часто применяется в биологии. Б.С. Иолчиев с соавт. (40) использовали экстерьерные показатели телосложения для предварительной идентификации гибридов архара и домашней овцы при разной доле кровности. D. Deeming (41) методом кластерного анализа выявил высокое сходство аминокислотного состава белка яиц у утки и гуся, а также у перепелов, индейки и курицы. Мы в своем исследовании с целью идентификации пород перепелов, имеющих общность происхождения, применили иерархический кластерный анализ, основываясь на морфологических признаках яиц. Породы объединялись в кластеры по степени сходства генотипа (см. рис.). Расстояние шага кластеризации увеличивалось по мере снижения кровности.

Таким образом, целенаправленная селекция перепелов пород японская, омская, фараон и техасский белый по хозяйственно полезным признакам привела к достоверным различиям между породами по массе яиц ( $\eta^2 = 0,723$ ;  $p < 0,001$ ). Масса яиц перепелов в большей степени зависела от массы белка ( $r$  от 0,897 до 0,911;  $p < 0,01$ ). Отличимость массы яиц в качестве породного признака обусловлена породными различиями по таким морфологическим признакам, как масса наружного жидкого слоя белка ( $\eta^2 = 0,642$ ;  $p < 0,001$ ), наружного плотного слоя белка ( $\eta^2 = 0,796$ ,  $p < 0,001$ ), высота плотного слоя белка ( $\eta^2 = 0,627$ ,  $p < 0,001$ ), большой и малый диаметр яйца (соответственно  $\eta^2 = 0,776$  и  $\eta^2 = 0,852$ ;  $p < 0,001$ ). Породы объединялись в кластеры по степени сходства генотипа. Результаты проведенного нами исследования позволяют предложить использование данных морфологического анализа яиц для дифференциации пород перепелов.

<sup>1</sup>Сибирский НИИ птицеводства —  
филиал ФГБНУ Омский аграрный научный центр,  
644555 Россия, Омская обл., Омский р-н, п. Морозовка,  
ул. 60 лет Победы, 1,  
e-mail: selec@sibniip.ru ✉;

Поступила в редакцию  
17 марта 2022 года

<sup>2</sup>ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский  
и технологический институт птицеводства РАН,  
141311 Россия, Московская обл., г. Сергиев Посад,  
ул. Птицеградская, 10,  
e-mail: fisinin@land.ru

*Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2022, V. 57, № 4, pp. 694-705

## DIFFERENTIATION OF QUAIL (*Coturnix japonica*) BREEDS BASED ON THE MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF EGGS

A.B. Dymkov<sup>1</sup> ✉, V.I. Fisinin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Siberian Research Institute of Poultry — a Branch of the Omsk Agrarian Scientific Center, 1, ul. 60 let Pobedy, Morozovka, Omsky District, Omsk Province, 644555 Russia, e-mail selec@sibniip.ru (✉ corresponding author);

<sup>2</sup>Federal Scientific Center All-Russian Research and Technological Poultry Institute RAS, 10, ul. Ptitsegradskaya, Sergiev Posad, Moscow Province, 141311 Russia, e-mail fisinin@land.ru

## Abstract

For quail breeding in Russia, a variety of populations is characteristic in which the pedigree of individuals is often unknown. Advanced breeding with quails (*Coturnix japonica*) requires identification of breeds, including the common origin. Egg weight is a mandatory descriptive attribute when testing poultry breeds and lines for distinctness, uniformity and stability. This paper is the first to provide data for quail breeds' differentiation by egg morphological parameters and estimates the influence of the quail breed on the parameters under consideration. The work aimed to study if it is possible to discriminate quail breeds by origin based on the morphological characteristics of eggs. Eggs were collected in the breeding herds of Japanese quail ( $n = 240$ ), Omsk quail ( $n = 720$ ), Pharaoh ( $n = 720$ ), and Texas white quail ( $n = 360$ ) of 238–242 days of age (SibNIIP — Branch of the Omsk ASC, Omsk). Three successively laid eggs were taken from each laying hen. Morphological parameters of eggs included large diameter (mm), small diameter (mm), egg weight (g), absolute weight of shell (g), yolk (g), and albumen with fractionation (g), albumen height (mm), yolk height (mm), shell thickness ( $\mu\text{m}$ ) at the sharp pole, at the equator and at the blunt pole. All parameters were assessed according to the "Methodology for anatomical cutting of carcasses and organoleptic assessment of the quality of meat and eggs" (Sergiev Posad, 2013). Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics v.23 software. Breed affiliation was considered as a factor influencing the egg morphological composition. The strength of the influence of the breed ( $\eta^2$ ) was assessed using analysis of variance (ANOVA). As breeds deviated towards meat productivity, the weight of an egg and its components increased. Purposeful selection of Japanese, Omsk, Pharaoh and Texas White quails for economically useful traits led to their significant differences in egg weight ( $\eta^2 = 0.723$ ;  $p < 0.001$ ). Quail egg weight depended largely on albumen mass ( $r = 0.897-0.911$ ;  $p < 0.01$ ). Distinctiveness of egg weight as a breed trait is due to breed differences in a set of morphological characteristics. These are the weight of the outer liquid layer of the albumen ( $\eta^2 = 0.642$ ;  $p < 0.001$ ) and outer dense layer of the albumen ( $\eta^2 = 0.796$ ;  $p < 0.001$ ); the height of the dense layer albumen ( $\eta^2 = 0.627$ ;  $p < 0.001$ ); large and small diameters ( $\eta^2 = 0.776$  and  $\eta^2 = 0.852$ , respectively;  $p < 0.001$ ). Breed clustering based on the morphological parameters of the eggs, corresponds to the similarity of genotypes. Our findings allow us to suggest the morphological analysis of eggs as a methodology to preliminarily discriminate the relatedness of quail breeds.

Keywords: *Coturnix japonica*, quail, egg morphological characteristics, analysis of variance, breed influence, degree of relationship.

## REFERENCES

1. *Promyshlennoe pitsevodstvo* [Industrial poultry farming]. Moscow, 2016 (in Russ.).
2. Royter Ya.S., Anshakov D.V., Degtyareva T.N., Degtyareva O.N. *Pitsevodstvo*, 2017, 6: 7-11 (in Russ.).
3. Fisinin V.I., Royter Ya.S. *Selektsionno-plemennaya rabota v pitsevodstve*. Sergiev Posad, 2016 (in Russ.).
4. *Metodika otsenki ispytaniy na otlichnost', odnorodnost' i stabil'nost'. RTA/0039/1. Perepela. Natsional'naya*. 02.03.2016 [Methodology for testing distinctness, uniformity and stability. RTA/0039/1. Quail. National. 02.03.2016]. Available: <https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-ooos>. No date (in Russ.).
5. Mori H., Takaya M., Nishimura K., Goto T. Breed and feed affect amino acid contents of egg yolk and eggshell color in chickens. *Poultry Science*, 2020, 99(1): 172-178 (doi: 10.3382/ps/pez557).
6. Bala D.A., Matur E., Ekiz E.E., Akyazi I., Eraslan E., Ozcan M., Ergen E., Ereğ M., Gursel F.E., Eseci H. Effects of dietary thyme on immune cells, the antioxidant defense system, cytokine cascade, productive performance and egg quality in laying hens. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 2021, 31(2): 394-402 (doi: 10.36899/JAPS.2021.2.0227).
7. Kraus A., Zita L., Krunt O., Hartlova H., Chmelikova E. Determination of selected biochemical parameters in blood serum and egg quality of Czech and Slovak native hens depending on the housing system and hen age. *Poultry Science*, 2020, 100(2): 1142-1153 (doi: 10.1016/j.psj.2020.10.039).
8. de Souza A.V., Morais M.V.M., Rocha M.C., de Souza R.M., Valentim J.K., Pietramale R.T.R., Silva N., Moraleco D.D., Lima H.J.D. Influence of fennel in Japanese quail diet over egg quality and behavior aspects. *Boletim de Indústria Animal*, 2020, 77: 1-13 (doi: 10.17523/bia.2020.v77.e1477).
9. Kontecka H., Nowaczewski S., Sierszula M.M., Witkiewicz K. Analysis of changes in egg quality

- of broiler breeders during the first reproduction period. *Annals of Animal Science*, 2012, 12(4): 609-620 (doi: 10.2478/v10220-012-0051-1).
10. Fathi M.M., Al-Homidan I., Ebeid T.A., Galal A., Abou-Emera O.K. Assessment of residual feed intake and its relevant measurements in two varieties of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) under high environmental temperature. *Animals*, 2019, 9(6): 299 (doi: 10.3390/ani9060299).
  11. Bogolyubskiy S.I. *Sel'kokozyaystvennoy ptitsy* [Poultry breeding]. Moscow, 1991 (in Russ.).
  12. Kushner Kh.F. *Nasledstvennost' sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh* [Heritability of farm animals]. Moscow, 1964 (in Russ.).
  13. Cozzi M.C., Colombo E., Zaniboni L., Madeddu M., Mosca F., Strillacci M.G., Longeri M., Bagnato A., Carolini S. Phenotypic and genetic characterization of the Italian bantam chicken breed Mericanel della Brianza. *Livestock Science*, 2017, 205: 56-63 (doi: 10.1016/j.livsci.2017.09.013).
  14. Gao G.L., Gao D.F., Zhao X.Z., Xu S.S., Zhang K.S., Wu R., Yin C.H., Li J., Xie Y.H., Hu S.L. Genome-wide association study-based identification of SNPs and haplotypes associated with goose reproductive performance and egg quality. *Frontiers in Genetics*, 2021, 12: 602583 (doi: 10.3389/fgene.2021.602583).
  15. Das H., Tarim B., Demir S., Kucukkent N., Cengiz S., Tulek E. Association of IGF and IGFBP2 gene polymorphisms with growth and egg traits in Atak-S laying hens. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 2017, 68(2): 237-244 (doi: 10.12681/jhvms.15611).
  16. Zabudskiy Yu.I. Reproductive function in hybrid poultry. III. An impact of breeder flock age (review). *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2014, 4: 16-29 (doi: 10.15389/agrobiology.2014.4.16rus).
  17. Padhi M.K., Chatterjee R.N., Haunshi S., Rajkumar U., Niranjana M., Rajaravindra K.S. Evaluation of four different crossbreeds developed for backyard poultry farming under intensive system. *Indian Journal of Animal Sciences*, 2015, 85(9): 985-990.
  18. Ciccone N.A., Sharp P.J., Wilson P.W., Dunn I.C. Changes in reproductive neuroendocrine mRNAs with decreasing ovarian function in ageing hens. *General and Comparative Endocrinology*, 2005, 144: 20-27 (doi: 10.1016/j.ygcen.2005.04.009).
  19. Adewale A., Vivian U. Phenotypic relations between egg weight and other egg quality traits of South Eastern Nigeria local chicken. *Nigerian Journal of Animal Production*, 2011, 38(2): 3-8 (doi: 10.51791/njap.v38i2.2786).
  20. Canga D., Yavuz E., Efe E. Prediction of egg weight using MARS data mining algorithm through R. *Kahramanmara Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi [Journal of Agriculture and Nature]*, 2021, 24(1): 242-251 (doi: 10.18016/ksutarimdoge.vi.716880).
  21. Pradeepta K., Prasanna K.M., Bandi K. M., Nrusingha C.B., Pratikshya P. Estimation and analysis of genetic association between important external and internal egg quality traits in white leghorns. *Journal of Animal Research*, 2016, 6(2): 269 (doi: 10.5958/2277-940X.2015.00173.4).
  22. Ariza A.G., Gonzalez F.J.N., Arbulu A.A., Jurado J.M.L., Capote C.J.B., Vallejo M.E.C. Non-parametrical canonical analysis of quality-related characteristics of eggs of different varieties of native hens compared to laying lineage. *Animals*, 2019, 9(4): 153 (doi: 10.3390/ani9040153).
  23. Wu Y., Zhang Y., Hou Z., Fan G., Pi J., Sun S., Chen J., Liu H., Du X., Shen J., Hu G., Chen W., Pan A., Yin P., Chen X., Pu Y., Zhang H., Liang Z., Jian J., Zhang H., Wu B., Sun J., Chen J., Tao H., Yang T., Xiao H., Yang H., Zheng C., Bai M., Fang X., Burt D., Wang W., Li O., Xu X., Li C., Yang H., Wang J., Yang N., Liu X., Du J. Population genomic data reveal genes related to important traits of quail. *GigaScience*, 2018, 7(5): giy049 (doi: 10.1093/gigascience/giy049).
  24. Kayang B., Inoue-Murayama M., Miwa M., Vignal A., Gourichon D., Neau A., Monvoisin J., Ito S. Microsatellite mapping of QTL affecting growth, feed consumption, egg production, tonic immobility and body temperature of Japanese quail. *BMC Genomics*, 2005, 6: 87 (doi: 10.1186/1471-2164-6-87).
  25. Jaspers V. Selecting the right bird model in experimental studies on endocrine disrupting chemicals. *Frontiers in Environmental Science*, 2015, 3: 35 (doi: 10.3389/fenvs.2015.00035).
  26. *Rukovodstvo po kormleniyu sel'skokhozyaystvennoy ptitsy* [Guidelines for poultry feeding]. Sergiev Posad, 2018 (in Russ.).
  27. *Metodika provedeniya anatomicheskoy razdelki tushek i organolepticheskoy otsenki kachestva myasa i yaits sel'skokhozyaystvennoy ptitsy i morfologii yaits* [Methods of anatomical cutting of carcasses and organoleptic assessment of the quality of meat and eggs of poultry and egg morphology]. Sergiev Posad, 2013 (in Russ.).
  28. Taskin A., Karadavut U., Ivgin Tunca R., Genc S., Cayan H. Effect of selection for body weight in Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*) on some production traits. *Indian Journal of Animal Research*, 2017, 51(2): 358-364 (doi: 10.18805/ijar.11466).
  29. Sharipov R.I., Temirbekova G.A., Zhaukenov D.T., Rekhletskaia E.K. *Sbornik materialov VIII Kazakhstanskogo Mezhdunarodnogo foruma ptitsevodov* [Proc. VIII Kazakhstan International Poultry Farmers Forum]. Nur-Sultan, 2019: 233-237 (in Russ.).

30. Dymkov A.B. *Produktivnye pokazateli kur materinskikh liniy yaichnykh krossov v usloviyakh Zapadnoy Sibiri. Kandidatskaya dissertatsiya* [Productive indicators of chickens of mother lines of egg crosses in the conditions of Western Siberia. PhD Thesis]. Sergiev Posad, 2008 (in Russ.).
31. Kushner Kh.F., Kopylovskaya G.Ya. *Geneticheskie osnovy selektsii ptitsy* [Genetic foundations of poultry breeding]. Moscow, 1969 (in Russ.).
32. Lu L., Xue Y., Asiamah C.A., Zou K., Liu Y., Su Y. Evaluation of egg-laying performance, egg quality traits, and nutritional values of eggs of Leizhou Black Duck. *European Poultry Science*, 2020, 84: 1-16 (doi: 10.1399/eps.2020.319).
33. Szentirmai E., Milisits G., Donko T., Budai Z., Ujvari J., Fueleop T., Repa I., Sueto Z. Comparison of changes in production and egg composition in relation to in vivo estimates of body weight and composition of brown and white egg layers during the first egg-laying period. *British Poultry Science*, 2013, 54(5): 587-593 (doi: 10.1080/00071668.2013.811717).
34. Tatara M.R., Charuta A., Krupski W., Luszczewska-Sierakowska I., Korwin-Kossakowska A., Sartowska K., Szpetnar M. Horbanczuk J.O. Interrelationships between morphological, densitometric and mechanical properties of eggs in Japanese quails (*Coturnix Japonica*). *The Journal of Poultry Science*, 2016, 53(1): 51-57 (doi: 10.2141/jpsa.0150061).
35. Isa A., Yanyanun S., Shi L., Jiang L., Li Y., Fan J., Wang P., Ni A., Huang Z., Ma H., Li D., Chen J. Hybrids generated by crossing elite laying chickens exhibited heterosis for clutch and egg quality traits. *Poultry Science*, 2020, 99(12): 6332-6340 (doi: 10.1016/j.psj.2020.08.056).
36. Sinha B., Mandal K., Kumari R., Kumari T. Estimate and Effect of breeds on egg quality traits of poultry — a review. *International Journal of Livestock Research*, 2018, 8: 8-21 (doi: 10.5455/ijlr.20170812102444).
37. Hristakieva P., Oblakova M., Mincheva N., Lalev M., Kaliashева K. Phenotypic correlations between the egg weight, shape of egg, shell thickness, weight loss and hatchling weight of turkeys. *Slovak J. Anim. Sci.*, 2017, 50(2): 90-94.
38. Nassar F.S., EL-Komy E.M., Abdou A.M. Effect of selection for high live body weight on heritability, phenotypic and genetic correlation estimates for productive performance in local broiler breeders. *Bioscience Research*, 2018, 15(4): 3357-3366.
39. Vali N. The Japanese quail: A review. *International Journal of Poultry Science*, 2008, 7(9): 925-931 (doi: 10.3923/ijps.2008.925.931).
40. Iolchiev B.S., Volkova N.A., Bagirov V.A., Zinov'eva N.A. Identification of interspecific hybrids argali (*Ovis ammon*) and domestic sheep (*Ovis aries*) of different generations by exterior indicators. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2020, 55(6): 1139-1147 (doi: 10.15389/agrobiologiya.2020.1139rus).
41. Deeming D. Effects of phylogeny and hatchling maturity on allometric relationships between female body mass and the mass and composition of bird eggs. *Avian and Poultry Biology Reviews*, 2007, 18(1): 21-37 (doi: 10.3184/147020607X245039).