

**СЕЛЕКЦИЯ ПТИЦЫ ИСХОДНЫХ ЛИНИЙ ПОРОДЫ ПЛИМУТРОК (*Gallus gallus* L.) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРКЕРНЫХ ГЕНОВ *K* и *k*\*****Д.Н. ЕФИМОВ<sup>1</sup>, Ж.В. ЕМАНУЙЛОВА<sup>1</sup>, Е.В. ЖУРАВЛЕВА<sup>2</sup>, А.В. ЕГОРОВА<sup>3</sup>,  
В.И. ФИСИНИН<sup>3</sup>**

Изучение генов, определяющих пол, позволяет успешнее реализовывать селекционные программы в птицеводстве. Особый интерес представляет создание специализированных линий кур — носителей маркерных генов качественных признаков, сцепленных с полом. В нашем сообщении представлены первые результаты по созданию аутосексной материнской родительской формы кур породы плимутрок на основе экспериментальных линий российской селекции с учетом гомо- и гетерозиготного состояния аллелей *K* и *k*, сцепленных с полом. С целью создания кросса мясных кур с аутосексной по аллелям *K* и *k* материнской родительской формой мы усовершенствовали исходные линии (отцовскую и материнскую) по признакам продуктивности с одновременным отбором по скорости роста перьев крыла как признака, маркирующего пол. Генотип, определяющий высокую и низкую скорость формирования перьевого покрова крыла поддерживали жестким отбором по фенотипу в 1-суточном возрасте и выбраковкой цыплят соответственно с медленной и быстрой опереаемостью. Из селекции исключали гетерозиготных петухов и их потомков. У цыплят с медленным формированием оперения кроющие и маховые перья крыла слабо развиты, кроющие перья длиннее маховых или равны им, у особей с быстрым оперением кроющие перья короче маховых и хорошо развиты. Одновременно при оценке и отборе гомо- и гетерозигот по сцепленным с полом аллелям *K* и *k* использовали ПЦР в реальном времени для анализа ДНК из пульпы пера. В результате селекции в поколение  $F_5$  у 5-недельного молодняка повышалась живая масса в линии Х3 (отцовская линия материнской родительской формы) на 13,6 % у петушков и на 15,4 % у курочек, в линии Х4 (материнская линия материнской родительской формы) — соответственно на 15,2 и 14,2 % ( $p \leq 0,001$ ). Также возрастала обмускуленность груди (у петушков — соответственно на 7,3 и 5,0 %, у курочек — на 6,2 и 5,0 %,  $p \leq 0,001$ ) и ног (у петушков — на 7,5 и 5,3 %, у курочек — на 10,5 и 2,5 %,  $p \leq 0,001$ ) по линиям Х3 и Х4. За 5 лет селекции в отцовской линии Х3 и материнской линии Х4 улучшены воспроизводительные качества: яйценоскость за 52 нед жизни повысилась соответственно на 4,1 яйца (3,39 %) и на 4,7 яйца (3,7 %,  $p \leq 0,001$ ), выход инкубационных яиц — на 0,6 и 1,0 %, вывод цыплят — на 0,5 и 2,2 %, за счет чего вырос выход цыплят от одной несушки соответственно на 4,7 и 7,9 %. По большинству хозяйственно полезных признаков при интенсивной селекции показатели потомства из поколения в поколение повышались. При этом признак скорости формирования перьевого покрова крыла сохранялся, то есть птица отцовской (Х3) и материнской (Х4) линий, отличаясь от исходной формы по продуктивным качествам, оставалась носителем маркерных генов медленной (Х4) и быстрой (Х3) опереаемости. При их скрещивании нами получена аутосексная (по аллелям *K* и *k*) материнская родительская форма с точностью сексирования 99,6 %.

**Ключевые слова:** плимутроки, селекция, линии, тип оперения, генотип, маркерные гены, гены оперения, аллели *K* и *k*, сексирование, продуктивность.

Проблема планирования и идентификации пола потомства в яичном и мясном птицеводстве стоит достаточно остро (1). Изучение генов, определяющих пол, позволяет успешнее реализовывать селекционные программы (2, 3). К наиболее распространенным методам определения пола у птицы относится сексирование по клоаке и фекальным стероидам, лапароскопия и кариотипирование. Однако эти процедуры ненадежны, при этом дороги, требуют длительного времени, некоторые из них болезненны и даже опасны для жизни птиц.

Известно, что гены, детерминирующие пол птицы, локализованы в половых хромосомах (4-6): у самок имеется по одной Z и W хромосоме, у самцов — две Z хромосомы (7, 8). В настоящее время разработаны ДНК-технологии для определения пола особи (9, 10). В селекции яичных и мяс-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке ФАНО (Министерство науки и высшего образования) России в рамках подпрограммы «Создание отечественных конкурентоспособных мясных кроссов» Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства 2017-2025 годы. Дополнительное государственное задание ФГБУ СГЦ «Смена» № 007-00507-18-02 от 23.10.2018 г.

ных кур успешно используются гены, маркирующие аутосексность у 1-суточных цыплят (11, 12). С помощью ДНК-маркеров также выявляют участки хромосом, контролирующие основные свойства и критические признаки, генетический полиморфизм (13-15). Изучение этих локусов и их функциональной активности (16) связывают с перспективами разработки методов, позволяющих эффективнее и в более ранние сроки вести целенаправленную селекцию по экономически значимым признакам (14, 15, 17-19).

Наличие маркеров аутосексности значительно облегчает разделение 1-суточных петушков и курочек. Возможна селекция по цвету оперения (колорсекс) и по росту кроющих и маховых перьев (федерсекс) (17, 20-22). Процесс оперения находится под тем же генетическим контролем, что и половая дифференциация. Медленный рост оперение определяет аллель  $K$  (доминантный), быстрое —  $k$  (рецессивный). Скрещивание быстрооперяющихся гетерозиготных петухов с медленнооперяющимися курами дает потомство медленнооперяющихся петушков и быстрооперяющихся курочек. При использовании аутосексности точность разделения 1-суточных финальных гибридов-бройлеров и цыплят материнской формы на петушков и курочек существенно повышается, а время сокращается вдвое. Кроме того, точность определения пола не снижается с ростом цыплят. Очевидно, что особый интерес представляет создание специализированных линии кур — носителей маркерных генов качественных признаков, сцепленных с полом.

В нашем сообщении представлены первые результаты по созданию аутосексной материнской родительской формы кур породы плимутрок на основе экспериментальных линий российской селекции с учетом гомо- и гетерозиготного состояния аллелей  $K$  и  $k$ , сцепленных с полом. Эта форма в дальнейшем будет использована для создания кросса мясных кур с аутосексной материнской родительской формой.

Цель исследований заключалась в оценке и отборе птицы отцовской и материнской линий кур по скорости роста перьев крыла и продуктивности для создания кросса мясных кур с аутосексной материнской родительской формой.

*Методика.* В опытах (производственные условия, Селекционно-генетический центр «Смена», Московская обл., 2014-2018 годы) использовали птицу породы плимутрок — экспериментальную отцовскую линию в материнской родительской форме ( $X_3$ ) и экспериментальную материнскую линию в материнской родительской форме ( $X_4$ ). Содержание птицы напольное. Условия кормления и содержания соответствовали принятым рекомендациям («Методическое руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы». Сергиев Посад, 2015) и нормам технологического проектирования («Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий РД-АПК 1.10.0504-13». М., 2013).

Ежегодно в каждой линии формировали 10-15 селекционных гнезд (по 13 курочек и одному петуху), от гнезда оценивали не менее 364 потомков в каждом поколении ( $F_1$ - $F_5$ ). Селекционную группу линии  $X_3$  комплектовали от гомозиготных по гену быстрой оперяемости  $kk$  производителей-улучшателей и нейтральных особей с учетом основных хозяйственно значимых показателей — живой массы, груди, ног, оплате корма, яйценоскости. В линии  $X_4$  особей, гомозиготных по гену медленной оперяемости  $KK$ , отбирали по яйценоскости, выходу инкубационных яиц, их массе, выводимости, живой массе птицы, обмускуленности груди, ног, оплате корма.

Продуктивность в селекционных гнездах учитывали индивидуально. Живую массу, яйценоскость, массу яиц, половую зрелость, обмускуленность груди, ног определяли по общепринятым методикам (23). Для

контроля происхождения потомства при инкубации использовали индивидуальные колпачки и стандартный набор крылометок.

Тип оперения устанавливали визуально у 1-суточных цыплят, разделенных по полу японским методом (по наличию и форме полового бугорка), при медленном формировании перьевого покрова крыла кроющие перья длиннее маховых или равны им, при быстром — кроющие перья короче маховых и хорошо развиты.

Молекулярно-генетическое типирование гомо- и гетерозигот по аллелям  $K$  и  $k$  выполнено в ЗАО «Синтол» (г. Москва) с использованием количественной ПЦР (ПЦР-РВ), соответствующих праймеров и режимов амплификации (24). Для выделения ДНК отбирали образцы пульпы пера (24). Мультиплексную ПЦР-РВ проводили на приборе АНК-32М («Институт аналитического приборостроения РАН», Россия) с секвенированием продуктов амплификации на генетическом анализаторе Нанофор 05 («Институт аналитического приборостроения РАН», Россия) в соответствии с протоколами изготовителя (24).

Для статистической обработки полученных данных использовали пакет программ Statistica 10.0 («StatSoft, Inc.», США) и Microsoft Excel. Результаты представлены в виде средних ( $M$ ) и стандартных ошибок средних ( $\pm SEM$ ). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по  $t$ -критерию Стьюдента. Статистически значимыми считали значения при  $p \leq 0,05$ . Значения  $m_r$  (ошибка среднего коэффициента корреляции анализируемых признаков по линии) и  $t_r$  (значимость коэффициента корреляции) рассчитывали по следующим формулам:

$$m_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}, \quad t_r = \frac{r}{m_r} = \frac{r\sqrt{n}}{1-r^2},$$

где  $n$  — число особей в выборке; статистически значимыми считали значения при  $p \leq 0,05$ .

**Результаты.** Генотип, определяющий медленное формирование перьевого покрова, поддерживали жестким отбором по фенотипу и выбраковкой быстро оперяющихся 1-суточных цыплят. Гомозиготность петухов в линии Х4 по признаку медленной оперяемости проверяли, оценивая его проявление у петухов, отобранных в гнезда, по потомству до воспроизводства исходных линий. Из селекции исключали как гетерозиготных петухов, так и их потомков. Аналогичным образом поддерживали генотип по быстрой оперяемости; гомозиготность петухов в линии Х3 контролировали с помощью оценки отобранных в гнезда петухов по качеству потомства до воспроизводства исходных линий, не используя в дальнейшем гетерозиготных петухов и их потомков.

### 1. Изменение доли поголовья (%) 1-суточных цыплят в экспериментальных линиях материнской родительской формы породы плимутрок в процессе отбора в потомстве F<sub>1</sub>-F<sub>5</sub> (Селекционно-генетический центр «Смена», Московская обл., 2014-2018)

Поклоение	Оперяемость в возрасте 1 сут	Линия Х3		Линия Х4	
		петушки	курочки	петушки	курочки
F <sub>1</sub>	Медленная	88,9	99,1	92,4	81,9
	Быстрая	11,1	0,9	7,6	18,1
F <sub>2</sub>	Медленная	77,2	82,7	99,3	84,9
	Быстрая	22,8	17,3	0,7	15,1
F <sub>3</sub>	Медленная	66,6	59,2	100	99,5
	Быстрая	33,4	40,8	0	0,5
F <sub>4</sub>	Медленная	31,3	26,9	100	99,9
	Быстрая	68,7	73,1	0	0,1
F <sub>5</sub>	Медленная	0	0	100	100
	Быстрая	100	100	0	0

Примечание. Х3 — отцовская линия в материнской родительской форме, Х4 — материнская линия в материнской родительской форме.

Для консолидации поголовья линий Х3 и Х4 по признаку оперяемости в течение ряда лет петухов в гнездах оценивали по скорости формирования перьевого покрова у потомков в 1-суточном возрасте (в линии Х3 — от 2319 гол. в F<sub>1</sub> до 10880 гол. в F<sub>5</sub>; в линии Х4 — соответственно от 2466 до 14916 гол.) (табл. 1). Эти результаты согласуются с другими известными данными (21, 25-27). Внутри линий Х3 и Х4 единообразие по скорости формирования перьевого покрова крыльев было достигнуто в разные сроки, но в результате в 2018 году у всей птицы в Х3 оперяемость была быстрой, в Х4 — медленной (см. табл. 1). При их скрещивании получили птицу аутосексной (по *K* и *k*) материнской родительской формы с точностью сексирования 99,6 %.

Оценка продуктивных качеств птицы в экспериментальных линиях показала (табл. 2), что живая масса 5-недельного молодняка отцовской линии материнской родительской формы Х3 выше, чем материнской линии материнской родительской формы Х4: у петушков — на 6,21 и 4,79 %, у курочек — на 7,09 и 8,28 % ( $p \leq 0,001$ ) соответственно в поколениях F<sub>1</sub> и F<sub>5</sub>. В поколении F<sub>5</sub> у 5-недельного молодняка живая масса была выше, чем в поколении F<sub>1</sub>: в линии Х3 — на 13,6 и 15,4 % ( $p \leq 0,001$ ) (соответственно петушки и курочки), в линии Х4 — на 15,2 и 14,2 % ( $p \leq 0,001$ ). В процессе селекции обмускуленность груди в поколении F<sub>5</sub> улучшилась у птицы линии Х3 по петушкам — на 7,3 %, линии Х4 — на 5,0 %, по курочкам — соответственно на 6,2 и 5,0 % ( $p \leq 0,001$ ). По обмускуленности ног отмечали ту же закономерность: увеличение показателя по петушкам — на 7,5 и 5,3 %, по курочкам — на 10,5 и 2,5 % ( $p \leq 0,001$ ) соответственно в линиях Х3 и Х4. С учетом живой массы, обмускуленности груди и ног в Х3 и Х4 было пробонитировано в F<sub>1</sub> соответственно 2210 и 2370 гол., в F<sub>5</sub> — 10700 и 14810 гол. (см. табл. 2).

## 2. Улучшение продуктивных качеств птицы в экспериментальных линиях материнской родительской формы породы плимутрок в процессе отбора в потомстве F<sub>1</sub>-F<sub>5</sub> (Селекционно-генетический центр «Смена», Московская обл., 2014-2018 годы)

Признак	Пол	Линия Х3		Линия Х4	
		F <sub>1</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>5</sub>
Живая масса цыплят в 5 нед, кг	Петушки	1,54±0,004	1,75±0,004	1,45±0,005	1,67±0,005
	Курочки	1,36±0,003	1,57±0,004	1,27±0,003	1,45±0,004
Обмускуленность груди, балл	Петушки	4,10	4,40	4,00	4,2
	Курочки	4,05	4,30	4,00	4,2
Обмускуленность ног, балл	Петушки	2,00	2,15	1,90	2,00
	Курочки	1,90	2,10	2,00	2,05
Сохранность молодняка, %		96,8	97,0	97,0	97,1
Яйценоскость на начальную несушку, шт.:					
за 30 нед		17,10±0,038	19,70±0,375	19,80±0,377	22,00±0,321
за 52 нед		121,00±1,750	125,10±1,235	126,40±1,730	131,10±1,234
Масса яйца 30-недельных кур, г		56,90±0,171	57,20±0,176	56,50±1,174	56,90±0,177
Половая зрелость, сут		183,40±0,415	184,00±0,396	183,10±0,418	183,70±0,397
Выход инкубационных яиц, %		91,5	92,1	91,8	92,8
Оплодотворенность яиц, %		89,8	91,7	91,6	93,0
Вывод цыплят, %		74,5	75,0	76,3	78,5
Вывод цыплят на 1 несушку, гол.		82,5	86,4	88,5	95,5
Сохранность кур, %		96,8	97,0	97,0	97,1

Примечание. Х3 — отцовская линия в материнской родительской форме, Х4 — материнская линия в материнской родительской форме.

За 5 лет селекции в линиях Х3 и Х4 были улучшены воспроизводительные качества: яйценоскость за 52 нед жизни повысилась на 4,1 (3,39 %) и 4,7 яйца (3,7 %) ( $p \leq 0,001$ ); выход инкубационных яиц — на 0,6 и 1,0 %, вывод цыплят — на 0,5 и 2,2 %, что повысило выход цыплят от одной несушки на соответственно 3,9 и 7,0 % (результаты оценки в выборках по  $n = 1040$ ). Ежегодный селекционный эффект по линиям Х3 и

X4 составил по живой массе в 35 сут — 2,7 % (или 42 г) и 3,0 % (или 44 г) для петушков, 3,1 % (или 42 г) и 2,8 % (или 36 г) для курочек; по обмускуленности груди — соответственно 1,46 и 1,0 % (петушки), 1,23 и 1,00 % (курочки); по яйценоскости — 0,68 и 0,74 % (линии X3 и X4). Таким образом, по большинству хозяйственно полезных признаков при интенсивной селекции показатели потомства из поколения в поколение повышались. Особи указанных линий, оставаясь носителями соответствующих маркерных генов медленной (линия X4) и быстрой (линии X3) опереваемости отличались от исходного генетического материала по продуктивным качествам и могут быть использованы для получения кроссов с улучшенными продуктивными качествами. При скрещивании этих линий получили материнскую родительскую форму, аутосексную по генам медленной (*K*) и быстрой (*k*) опереваемости (точность сексирования составила 99,6%).

Коэффициенты корреляции между живой массой 35-суточного молодняка и обмускуленностью груди были высокими, положительными, достоверными и мало различались как по петушкам и курочкам, так и по линиям или по поколениям (табл. 3). Положительная и достоверная корреляция сохранялась между живой массой и обмускуленностью ног, но ее величина была несколько ниже. Высокую положительную и достоверную связь отмечали между живой массой молодняка в 35 сут и шириной груди, длиной бедра. Эти результаты соответствуют закономерностям, описанным для связи живой массы с другими показателями в раннем возрасте (28).

### 3. Корреляции между живой массой и другими показателями мясной продуктивности у 35-суточного молодняка в экспериментальных линиях материнской родительской формы породы плимутрок в процессе отбора в потомстве F<sub>1</sub>-F<sub>5</sub> (Селекционно-генетический центр «Смена», Московская обл., 2014-2018 годы)

Линия	Пол	F <sub>1</sub>		F <sub>5</sub>	
		$r \pm m_r$	$t_r$	$r \pm m_r$	$t_r$
Обмускуленность груди					
X3	Петушки	0,689±0,007	98,37	0,692±0,012	57,67
	Курочки	0,611±0,008	76,43	0,616±0,011	56,07
X4	Петушки	0,669±0,007	100,53	0,685±0,010	68,50
	Курочки	0,701±0,007	126,64	0,707±0,009	78,59
Обмускуленность ног					
X3	Петушки	0,329±0,012	27,65	0,337±0,010	33,70
	Курочки	0,344±0,011	30,60	0,349±0,010	34,96
X4	Петушки	0,509±0,009	56,99	0,495±0,013	38,08
	Курочки	0,471±0,009	52,37	0,483±0,007	69,03
Ширина груди					
X3	Петушки	0,678±0,014	48,43	0,682±0,012	56,83
	Курочки	0,692±0,010	69,27	0,699±0,013	53,78
X4	Петушки	0,665±0,016	41,56	0,672±0,015	44,80
	Курочки	0,659±0,012	54,91	0,656±0,011	59,77
Длиной бедра					
X3	Петушки	0,452±0,022	20,55	0,480±0,024	20,00
	Курочки	0,427±0,029	17,77	0,433±0,025	17,32
X4	Петушки	0,464±0,021	22,09	0,461±0,020	23,05
	Курочки	0,478±0,029	16,50	0,485±0,027	17,97

Примечание. X3 — отцовская линия в материнской родительской форме, X4 — материнская линия в материнской родительской форме.

Таким образом, в результате селекции птицы в отцовской (X3) и материнской (X4) линиях материнской родительской формы показатели потомства по большинству хозяйственно полезных признаков повышались из поколения в поколение, при этом отбирались только особи, сохраняющие маркерные аллели медленной (аллель *K*, линия X4) и быстрой (аллель *k*, линия X3) опереваемости. При их скрещивании получена аутосексная (по аллелям *K* и *k*) материнская родительская форма с точностью сексирования 99,6 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чомаев А.М., Митяшова О.С., Цыганков В.И. Стоит ли заниматься сексированным семенем. *Зоотехния*, 2012, 8: 2-3.
2. Bramwell P.K. Sexing chicks in the backyard flock. *The Poultry Site*. Режим доступа: <http://www.thepoultrysite.com/articles/95/sexing-chicks-in-the-backyard-flock/>. Дата обращения 02.12.2018.
3. Cheng Y.H., Kuo T.E., Lee D.N., Weng C.F. Sex identification of the Black-faced Spoonbill (*Platalea minor*). *Zoological Studies*, 2006, 45: 104-113.
4. Clinton M. A rapid protocol for sexing chick embryos (*Gallus g. domesticus*). *Animal Genetics*, 1994, 25(5): 361-362 (doi: 10.1111/j.1365-2052.1994.tb00374.x).
5. Dawson D.A., Darby S., Hunter F.M., Krupa A.P., Jones I.L., Burke T. A critique of avian CHD-based molecular sexing protocols illustrated by a Z-chromosome polymorphism detected in auklets. *Molecular Ecology Notes*, 2001, 1(3): 201-204 (doi: 10.1046/j.1471-8278.2001.00060.x).
6. Ellegren H. Hens, cocks and avian sex identification. A quest for genes on Z or W? *EMBO Reports*, 2001, 2(3): 192-196 (doi: 10.1093/embo-reports/kve050).
7. Cerit H., Avanus K. Sex identification by CHDW and HDZ genes of avian sex chromosomes in *Nymphicus hollandicus*. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 2007, 31(6): 371-374.
8. Griffiths R.A., Korn R.M. A CHDI gene is Z chromosome linked in chicken *Gallus domesticus*. *Gene*, 1997, 197(1-2): 225-229 (doi: 10.1016/S0378-1119(97)00266-7).
9. Canon N.R., Canon N.R., Tell L.A., Needham M.L. Flow cytometric analysis of nuclear DNA for sex identification in three psittacine species. *Am. J. Vet. Res.*, 2000, 61(7): 847-850.
10. Cerit H., Avanus K. Sex identification in avian species using DNA typing methods. *World's Poultry Science Journal*, 2007, 63(1): 91-99 (doi: 10.1017/S0043933907001316).
11. Бондаренко В.Ю. Новые аутосексные генотипы сельскохозяйственной птицы. *Мат. докл. Конференции Российского национального отделения WPSA*. Зеленоград, 2003: 46.
12. Устинова Е.С., Гофман А.Ю. Использование мясных кур отечественной селекции — носителей маркерных генов (*dw*, *K*, *k*). *Мат. IV Межд. конф. «Птицеводство — мировой и промышленный опыт»*. М., 2007: 274-276.
13. Lessells C., Mateman C. Sexing birds using random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. *Molecular Ecology*, 2002, 7(2): 187-195 (doi: 10.1046/j.1365-294x.1998.00331.x).
14. Elferink M.G., Vallee A.A.A., Jungerius A.P., Crooijmans R.P.M.A., Groenen M.A.M. Partial duplication of the PRLR and SPEF2 genes at the late feathering locus in chicken. *BMC Genomics*, 2008, 9: 391 (doi: 10.1186/1471-2164-9-391).
15. Zhao J., Yao J., Li F., Yang Z., Sun Z., Qu L., Wang K., Su Y., Zhang A., Montgomery S.A., Geng T., Cui H. Identification of candidate genes for chicken early- and late- feathering. *Poultry Sci.*, 2016, 95(7): 1498-1503 (doi: 10.3382/ps.pew131).
16. Burt D.W. Chicken genome: current status and future opportunities. *Genome Res.*, 2005, 15(12): 1692-1698 (doi: 10.1101/gr.4141805).
17. Derks M.F.L., Herrero-Medrano J.M., Crooijmans R.P.M.A., Vereijken A., Long J.A., Mengens H.-J., Groenen M.A.M. Early and late feathering in turkey and chicken: same gene but different mutations. *Genet. Sel. Evol.*, 2018; 50: 7 (doi: 10.1186/s12711-018-0380-3).
18. Simonsen M. The MHC the chicken genomic structure, gene products and resistance to oncogenic DNA and RNA viruses. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 1987, 17(1-4): 243-253 (doi: 10.1016/0165-2427(87)90144-9).
19. Bu G., Huang G., Fu H., Li J., Huang S., Wang Y. Characterization of the novel duplicated PRLR gene at the late-feathering K locus in Lohmann chickens. *J. Mol. Endocrinol.*, 2013, 51: 261-276 (doi: 10.1530/jme-13-0068).
20. Егорова А.В., Шахнова Л.В. Разделение аутосексных мясных цыплят по полу. *Птица и птицепродукты*, 2013, 3: 41-43.
21. Емануйлова Ж.В. Медленно оперяющаяся линия Г7 кросса Смена 7. *Птицеводство*, 2008, 8: 25-26.
22. Петрукович Т. Раздельное выращивание бройлеров. *Животноводство России*, 2017, 12: 11-12.
23. Ройтер Я.С., Егорова А.В., Коноплева А.П., Тяпугин Е.Е., Шашина Г.В., Дегтярева Т.Н., Карпенко Л.С., Тюриков В.М., Петрухин О.Н., Щербакова Н.Г. *Селекционно-племенная работа в птицеводстве* /Под ред. В.И. Фисинина, Я.С. Ройтера. Сергиев Посад, 2016.
24. Alekseev Ya.I., Borodin A.M., Nikulin A.V., Emanuilova Zh.V., Efimov D.N., Fisinin V.I. Molecular genotyping of chicken (*Gallus gallus* L.) feathering genes in connection with separation by sex. *Agricultural Biology*, 2017, 52(2): 367-373 (doi: 10.15389/agrobiology.2017.2.367eng).
25. Korshunova L., Royter Y., Egorova A. The usage of gene modifiers in selection of new forms of color- and feather-sex poultry. *Proc. XIV European Poultry Conference, 27 June 2014, Stavanger, Norway 23-27 June 2014*. Stavanger, 2014: 512.
26. Roiter Y., Egorova A., Sevastianova A., Korshunova L. The selection of autosex interlinear forms of poultry (chicken, geese, Guinea fowl). *Proc. XXV World's Poultry Congress, September 5-9, 2016, China*. Beijing, 2016: 257.
27. Lowe P.C., Merkle J.W. Association of genotypes for rate of feathering in broilers with production and carcass composition traits: effect of genotypes, sex, and diet on growth and feed

conversion. *Poultry Sci.*, 1986, 65(10): 1853-1858 (doi: 10.3382/ps.0651853).

28. Дымков А., Давыдов Д., Мальцев А., Спиридонов И., Чащина Г. Оценка мясных кур по скорости роста в раннем возрасте *Птицеводство*, 2004, 10: 3-4.

<sup>1</sup>*ФГБУ Селекционно-генетический центр «Смена»*,  
141357 Россия, Московская обл., пос. Березняки,  
e-mail: zhanna.emanujlov@mail.ru ☒, dmi40172575@yandex.ru;

*Поступила в редакцию*  
*16 июля 2018 года*

<sup>2</sup>*Министерство науки и высшего образования*  
*Российской Федерации*,

125009 Россия, г. Москва, Тверская, 11,  
e-mail: zhuravla@yandex.ru;

<sup>3</sup>*ФГБНУ ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский*  
*и технологический институт птицеводства РАН*,

141311 Россия, Московская обл., г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, 10,  
e-mail: vnitip@vnitip.ru, egorova@vnitip.ru

*Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2018, V. 53, № 6, pp. 1162-1168

## SELECTION OF PREPARENTAL LINES OF PLYMOUTH ROCK CHICKEN USING MARKER GENES *K* AND *k*

*D.N. Efimov<sup>1</sup>, Zh.V. Emanuylova<sup>1</sup>, E.V. Zhuravleva<sup>2</sup>, A.V. Egorova<sup>3</sup>, V.I. Fisinin<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Smena Breeding and Genetic Center*, pos. Bereznyaki, Moscow Province, 141357 Russia, e-mail zhanna.emanujlov@mail.ru (☒ corresponding author), dmi40172575@yandex.ru;

<sup>2</sup>*Ministry of Science and Education of the Russian Federation*, 11, ul. Tverskaya, Moscow, 125009 Russia, e-mail zhuravla@yandex.ru;

<sup>3</sup>*Federal Scientific Center All-Russian Research and Technological Poultry Institute RAS*, 10, ul. Ptitsegradskaya, Sergiev Posad, Moscow Province, 141311 Russia, e-mail vnitip@vnitip.ru, egorova@vnitip.ru  
ORCID:

Efimov D.N. orcid.org/0000-0002-4152-2476

Egorova A.V. orcid.org/0000-0001-9981-5768

Emanuylova Zh.V. orcid.org/0000-0002-8855-2947

Fisinin V.I. orcid.org/0000-0003-0081-6336

Zhuravleva E.V. orcid.org/0000-0002-3253-0730

The authors declare no conflict of interests

Acknowledgements:

Supported financially by FANO (the Ministry of Science and Higher Education) of Russia (subprogram of Federal Program for the Development of Agriculture 2017-2025). Additional State Task № 007-00507-18-02 of 10.23.2018  
*Received July 16, 2018* doi: 10.15389/agrobiologia.2018.6.1162eng

### Abstract

Chicken lines with marker genes of sex-linked economically important traits are of a particular breeding interest. Here we report on the first results on the creation of an autosex maternal parental form of dual purpose Plymouth Rock breed by sequential selection of chickens from experimental Russian breeding lines. The paternal and maternal pre-parental Plymouth Rock lines were selected for productivity indices and for growth rate of wing feathers. Genotypes with slow (line X4) and fast (line X3) feathering rates were maintained via phenotypic evaluation at 1 day of age and culling individuals with fast and slow feathering rate, respectively; heterozygous males and their progeny were also culled. Chicks with slow feathering rate feature poor development of tectrix and remex, the tectrix being longer or equal to the remex; chicks with fast feathering rate feature the well-developed tectrix which is shorter than the remex. The quantitative PCR technique (real-time polymerase chain reaction) was also used to identify individuals with homo- and heterozygous sex-linked *K* and *k* alleles; the analyses were performed using feather pulp samples. Live bodyweight at 5 weeks of age increases significantly ( $p \leq 0.001$ ) in the selected individuals of generation  $F_5$  compared to  $F_1$ , i.e. in X3, the index is 13.6 % higher in males and 15.4 % higher in females; and in X4, it is 15.2 and 14.2 % higher ( $p \leq 0.001$ ), respectively. Breast muscle score is improved by 7.3 and 5.0 % in males and by 6.2 and 5.0 % ( $p \leq 0.001$ ) in females of X3 and X4 lines, respectively; leg muscle scores is 7.5 and 5.3 % higher in males and 10.5 and 2.5 % higher ( $p \leq 0.001$ ) in females. The progress in the reproductive performance also occurs: egg production during 52 weeks of age was improved by 4.1 eggs per hen (3.39 %) in X3 line and by 4.7 eggs (3.7 %,  $p \leq 0.001$ ) in X4 line; percentage of eggs suitable for incubation was 0.6 and 1.0 % higher, and hatch was 0.5 and 2.2 % higher in X3 and X4 lines, respectively. These results in better chick output per hen (by 3.9 and 7.0 % in X3 and X4 lines). Thus the selection improved the most of the productivity indices in every successive generation; the resulting paternal (X3) and maternal (X4) lines differed from the initial purebred chicken in the productive performance and carried marker genes of slow (X4) and fast (X3) feathering rate. Their crossing brings to a maternal form which is autosex for *K* and *k* genes with sexing accuracy 99.6 %.

Keywords: Plymouth Rock breed, breeding, chicken lines, feathering type, genotype, marker genes, feathering genes, *K* and *k* alleles, sexing, productivity.