



Воспроизводительная способность коров отечественных молочных пород с различными аллельными вариантами гена лептина

© 2022. А. Д. Лемякин, А. Н. Тяжченко, К. Д. Сабетова[✉], А. А. Чаицкий, П. О. Щеголев, А. А. Королев

ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», г. Кострома, Российская Федерация

Проведение генетических исследований отечественных локальных пород крупного рогатого скота является актуальным ввиду того, что они являются носителями ценных хозяйственно полезных признаков и обладают высокой адаптационной способностью к местным условиям. Цель исследования – изучить ассоциацию полиморфных вариантов гена лептина с воспроизводительной способностью крупного рогатого скота костромской, черно-пестрой и ярославской пород, разводимых в Костромской области. Генотипирование проводили методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) с применением HRM-анализа. Установлено, что в костромской и ярославской породах наибольшей частотой по локусу LEP-A80V обладал генотип AV (0,546 и 0,452 соответственно), а в черно-пестрой – генотип AA (0,550). В разрезе полиморфизма Y7F гена лептина среди животных всех исследуемых пород коров преобладал генотип YY. По локусу LEP-R25C наибольшая частота встречаемости регистрировалась у особей с генотипом RC (0,486), в то время как у крупного рогатого скота ярославской и черно-пестрой породы – генотип RR (0,690 и 0,483 соответственно). Однако не было найдено статистически значимых различий по показателям воспроизводительной способности между коровами различных генотипов по гену лептина. Есть основания полагать, что у крупного рогатого скота костромской породы желательным генотипом является AV, ярославской – AA (LEP-A80V), у черно-пестрой – RR (LEP-R25C). Наблюдаемые тенденции к наличию более высоких воспроизводительных качеств у носительниц аллелей LEP-A80V^A и LEP-R25C^R в изучаемых породах крупного рогатого скота подтверждаются исследованиями других авторов. Поэтому изучение влияния полиморфизма гена лептина на воспроизводительные способности коров отечественных молочных пород необходимо продолжить с привлечением существенно большего поголовья животных.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, маркерная селекция, ген, фертильность, Костромская область

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (тема №121121300347-5).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Лемякин А. Д., Тяжченко А. Н., Сабетова К. Д., Чаицкий А. А., Щеголев П. О., Королев А. А. Воспроизводительная способность коров отечественных молочных пород с различными аллельными вариантами гена лептина. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(6):884-895. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.884-895>

Поступила: 21.07.2022

Принята к публикации: 10.11.2022

Опубликована онлайн: 16.12.2022

Reproductive ability of cows of domestic dairy breeds with different allelic variants of the leptin gene

© 2022. Alexander D. Lemyakin, Alexander N. Tyazhchenko, Ksenia D. Sabetova[✉], Alexey A. Chaitsky, Pavel O. Schegolev, Anton A. Korolev

Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russian Federation

Conducting genetic studies of domestic local breeds of cattle is relevant due to the fact that they are carriers of valuable economic traits and have a high adaptive ability to local conditions. The aim of the research is to study the association of polymorphic variants of the leptin gene with the reproductive ability of cattle of the Kostroma, Black-and-White and Yaroslavl breeds bred in the Kostroma region. Genotyping was performed by real-time polymerase chain reaction (RT-PCR) using HRM analysis. It was found that in the Kostroma and Yaroslavl breeds, the AV genotype (0.546 and 0.452, respectively) had the highest frequency for the LEP-A80V locus, and the AA genotype (0.550) in the Black-and-White breed. In terms of polymorphism Y7F of the leptin gene, the YY genotype prevailed among animals of all the studied breeds of cows. For the LEP-R25C locus, the highest frequency of occurrence was recorded in individuals with the RC genotype (0.486), while in cattle of the Yaroslavl and Black-and-White breeds, the RR genotype (0.690 and 0.483, respectively). However, no statistically significant differences were found in terms of reproductive ability between cows of different genotypes for the leptin gene. There is reason to believe that in cattle of the Kostroma breed the desired genotype is AV, in Yaroslavl cattle it is AA (LEP-A80V), and in Black-and-White cattle it is RR (LEP-R25C). The observed tendencies towards the presence of higher reproductive qualities in the carriers of the LEP-A80V^A and LEP-R25C^R alleles in the studied cattle breeds are confirmed by the studies of other authors. Therefore, the study of the effect of leptin gene polymorphism on the reproductive abilities of cows of domestic dairy breeds must be continued with the involvement of a significantly larger number of animals.

Keywords: cattle, marker breeding, gene, fertility, Kostroma region

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (№ 121121300347-5)

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citation: Lemyakin A. D., Tyazhchenko A. N., Chaitsky A. A., Sabetova K. D., Schiogolev P. O., Korolev A. A. Reproductive ability of cows of domestic dairy breeds with different allelic variants of the leptin gene. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(6):884-895. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.884-895>

Received: 21.07.2022

Accepted for publication: 10.11.2022

Published online: 16.12.2022

На современном этапе развития сельского хозяйства скотоводство является ведущей отраслью животноводства, на долю которой приходится более половины производства продуктов питания животного происхождения. Уровень производства продуктов животноводства находится в прямой зависимости от интенсивности размножения сельскохозяйственных животных. Известно, что нарушение воспроизводительной функции отрицательно влияет на сроки и интенсивность использования крупного рогатого скота. В связи с этим повышение воспроизводительных качеств коров в настоящее время представляет большой научно-практический интерес, особенно среди высокопродуктивных животных [1, 2].

Высокая молочная продуктивность, особенно в начале лактации, увеличивает напряженность обменных процессов в организме коровы, что значительно ослабляет проявление репродуктивной функции [3].

Исследования последних лет свидетельствуют, что высокие удои, к примеру, у коров голштинской породы часто сопряжены с такими проблемами воспроизводства, как абортирование, мертворождение, сокращение продолжительности продуктивного использования. Для предотвращения проблем, связанных с нарушением воспроизводительной функции у животных, необходим тщательный мониторинг всех этапов этого процесса коров [4].

Для оценки воспроизводительной функции коров используют такие показатели, как возраст и масса при первом плодотворном осеменении, сервис- и межотельный периоды. Одним из самых важных параметров воспроизводства является возраст 1-го осеменения, которое проводят в возрасте 16-18 месяцев, отел в зависимости от породы должен произойти в возрасте до 27 месяцев. Слишком раннее осеменение приводит к замедлению развития животного и отодвигает срок максимального раздоя.

Не менее важен такой этап воспроизводительного цикла, как сервис-период, оптимальной продолжительностью которого у коров считается 60-90 дней. Другим важным слагаемым воспроизводства является межотельный период, оптимальный срок которого составляет 12-13 месяцев (365-395 дней). По данным ученых, изучавших этот вопрос, удлинение межотельного периода приводит к потерям молока на каждый дополнительный день бесплодия [5].

В нашей стране в подавляющем большинстве хозяйств превышение оптимальных сроков воспроизводства является распространенной проблемой, которая в комплексе с влиянием нежелательного генотипа вызывает серьезные нарушения воспроизводительной способности крупного рогатого скота [6].

Мониторинг воспроизводительного процесса стад крупного рогатого скота, с учетом указанных выше показателей, является традиционным, однако не удовлетворяет современным потребностям в интенсификации селекционного процесса. Среди комплекса мероприятий, направленных на повышение эффективности животноводческой отрасли, важная роль отводится методам молекулярной генетики, в основе которых лежит анализ наследственной информации, позволяющей сохранять и накапливать в породах желательные генотипы, стойко передающие свой наследственный потенциал из поколения в поколение. Это способствует получению особо ценного селекционного материала, являющегося основой при совершенствовании желаемых хозяйственно полезных признаков существующих пород крупного рогатого скота [7, 8].

Развитие современных методов молекулярной генетики открыло возможности изучения вопроса влияния гена, его участков и полиморфных вариантов на различные хозяйственно полезные признаки, ускорив при этом отбор по наиболее ценным из них.

Одним из перспективных генов-кандидатов для оценки воспроизводительной спо-

способности крупного рогатого может рассматриваться ген лептина (LEP) [9]. У крупного рогатого скота LEP расположен на 4 хромосоме. Он состоит из трех экзонов и двух интронов, из которых только два экзона транслируются в белок. Структурно ген лептина представляет собой протеин, состоящий из 167 аминокислот и включающий 21 аминокислотную сигнальную последовательность. Продуктом экспрессии гена лептина является одноименный гормон.

Лептин обеспечивает критическую связь между энергетическим гомеостазом, аппетитом и репродуктивной функцией, а также сигнализирует о запасах жировых отложений в организме. Предполагается, что плейотропное воздействие благоприятного аллеля на такие признаки, как иммунитет, фертильность и молочную продуктивность в более поздние периоды лактации может способствовать получению высоких удоев без отрицательного влияния на плодовитость [10, 11].

Плейотропные эффекты лептина дополнительно подтверждаются ассоциациями между полиморфизмом гена LEP и перинатальной смертностью телят, продолжительностью межотельного периода, репродуктивной функцией. Среди множества полиморфизмов гена лептина наибольший интерес, с точки зрения селекции, представляют собой следующие локусы: A80V, Y7F, R25C [12, 13].

Исследование гена лептина, проведенное ирландским ученым Л. Гиблином (L. Giblin) показало наличие ассоциации между полиморфными вариантами гена лептина и показателями воспроизводства. Для полиморфизма варианта LEP R25C это признаки трудности отела и достоверно более продолжительная стельность коров ($P < 0,05$) [14].

В другом исследовании данного полиморфизма, по информации ученого Н. Бховмика (N. Bhowmik) с соавторами, коровы голштинской породы с генотипом RC гена LEP R25C при первом осеменении в $24 \pm 2,4$ месяца и межотельным периодом $374 \pm 4,6$ дня обладали более высоким индексом фертильности $0,93 \pm 0,01$ [15].

Информации об ассоциациях LEP Y7F с воспроизводительными качествами крупного рогатого скота среди авторов отечественных и зарубежных научных исследований практически нет, однако в работе ученого Л. Гиблина (L. Giblin) [13] имеется упоминание об ассоци-

ации LEP Y7F с перинатальной смертностью телят ($P < 0,01$).

Согласно информации многих зарубежных авторов, полиморфный вариант LEP A80V связан с такими показателями воспроизводства, как возраст первого осеменения и продолжительность сервис-периода, а также с индексом фертильности коров. В исследовании британского ученого А. М. Клемпсона с соавт. (A. M. Clempson et. al.) [5] было установлено, что в возрасте 1-го осеменения $16 \pm 4,3$ месяцев ($P < 0,05$) животные голштинской породы с генотипом VV гена LEP A80V обладали более высоким индексом фертильности. Также ими была выявлена достоверная связь между возрастом 1-го осеменения и плодовитостью коров голштинской породы английской селекции ($P < 0,05$). В то же время в материалах Н. В. Ковалюк с соавторами утверждается, что животные голштинской породы с генотипом AV обладали более высоким индексом фертильности относительно других генотипов [16].

Ирландским ученым А. Херави Мусави с соавт. (A. Heravi Moussavi et. al.) [17] было установлено, что голштинские коровы с генотипом AV гена LEP A80V имели тенденцию к лучшим показателям репродуктивной способности. Также было выяснено, что присутствие аллеля V в генотипе может способствовать более высокой продуктивности без негативного влияния на фертильность животных.

Таким образом, исследования связи гена лептина и воспроизводительной способности крупного рогатого скота являются малочисленными и в основном представлены зарубежными учеными, следовательно, изучение данных ассоциаций на отечественном крупном рогатом скоте является актуальным вопросом. Данная информация представляет большой научно-практический интерес для совершенствования и корректировки селекционно-племенных программ молочных пород крупного рогатого скота Костромской области.

Цель исследования – изучить ассоциацию полиморфных вариантов гена лептина с воспроизводительной способностью крупного рогатого скота отечественных молочных пород, разводимых в Костромской области.

Задачи исследования:

1. Провести генотипирование коров костромской, черно-пестрой и ярославской пород по локусам гена лептина.

2. Сопоставить полученные данные с показателями воспроизводства – живая масса при первом плодотворном осеменении, возраст первого осеменения, продолжительность сервис-периода.

3. Рассчитать коэффициенты воспроизводства и провести анализ результатов.

Научная новизна исследований – разработка нового способа генотипирования крупного рогатого скота по трем локусам LEP, и изучение ассоциативных связей полиморфных вариантов гена лептина с показателями воспроизводства коров отечественных молочных пород.

Материалы и методы. Объектом исследования служили коровы костромской (n = 33), черно-пестрой (n = 60) и ярославской (n = 40) пород племенных хозяйств Костромской области.

Данные зоотехнического учета были получены с использованием программы ИАС «СЕЛЭКС». В выборках животных разных хозяйств были отобраны образцы периферической крови. Из биоматериала с помощью набора «DNeasy Blood & Tissue Kit» (Германия)

получали очищенную ДНК и проводили генотипирование методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) по трем локусам: LEP-R25C (аллели – R, C; генотипы – RR, RC, CC), LEP-A80V (аллели – A, V; генотипы – AA, AV, VV), LEP-Y7F (аллели – Y, F; генотипы – YY, YF, FF).

Определение полиморфных вариантов R25C (rs29004488 C>T), A80V (rs29004508 C>T), Y7F (rs29004487 C>T) гена LEP проводили методом HRM-анализа с использованием амплификатора «DTprime» (Россия). Для амплификации целевых фрагментов гена LEP применяли праймеры, исключая образование неспецифических ПЦР-продуктов. Размер целевых ПЦР-продуктов составил 70 п.н. В качестве флуоресцентного ДНК-интеркалирующего красителя в составе ПЦР-смеси использовали «EvaGreen» (США).

Условия амплификации и плавления продуктов реакции были оптимизированы для достижения наиболее стабильных результатов HRM-исследования. Амплификацию проводили по следующей программе (табл. 1).

Таблица 1 – Программа амплификации / Table 1 – Amplification program

Блок / Block	Температура, °C / Temperature, °C	Продолжительность, мин:сек / Duration, min:sec	Кол-во циклов / Number of cycles	Режим оптических измерений / Optical measurement mode	Тип блока / Block type
1	94	5:00	1		Цикл / Cycle
2	94	0:30	5	V	Цикл / Cycle
	64	0:15			
3	94	0:05	30	V	Цикл / Cycle
	64	0:15			
4	94	1:00	1		Цикл / Cycle
5	45	0:15	4	V	Цикл / Cycle
6	70 → 90	0:10	100	V	Плавление / Melting

Учет и анализ результатов проводили с помощью ПО RealTime_PCR, с применением модуля HRM-анализа. Результаты предварительных HRM-протоколов были верифицированные методом прямого секвенирования по Сэнгеру с применением пар праймеров, позволявших амплифицировать более длинные фрагменты целевых последовательностей LEP, чем праймеры для HRM-исследований.

Пример результата HRM-анализа полиморфизма R25C (rs29004488 C>T) гена LEP с помощью ПО RealTime_PCR приведен на рисунке.

Частоту генотипов рассчитывали по формуле:

$$p = \frac{m}{N},$$

где p – частота генотипа; m – количество особей, имеющих определенный генотип; N – общее число особей.

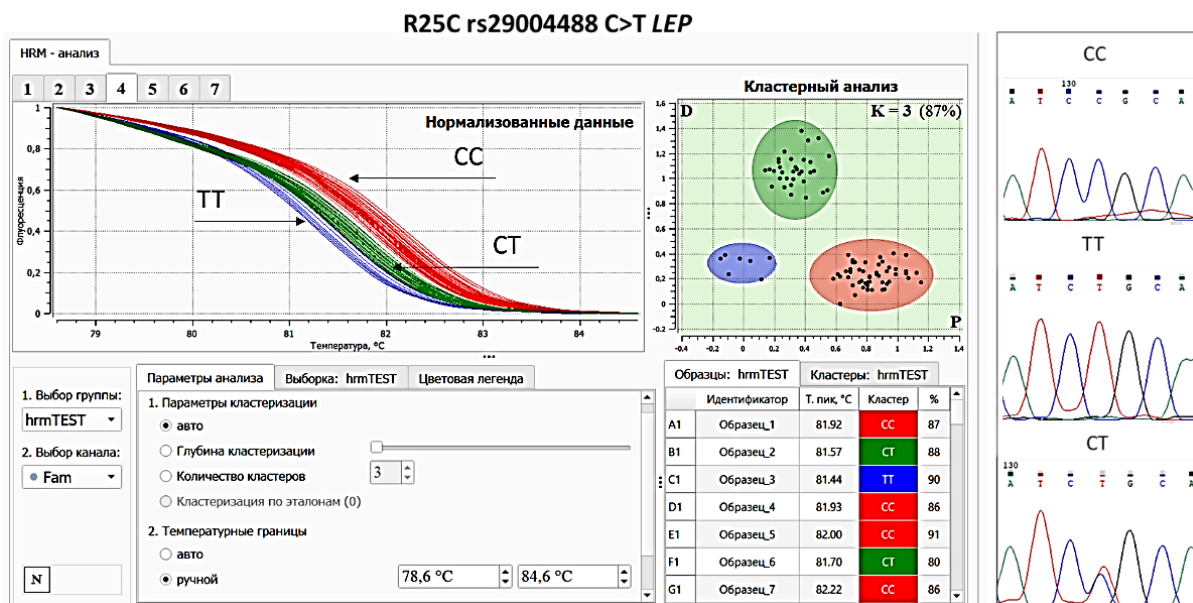


Рис. Пример протокола HRM при генотипировании по полиморфизму R25C (rs29004488 C > T) гена LEP с применением ПО RealTime_PCR /

Fig. An example of the HRM protocol for genotyping for the R25C polymorphism (rs29004488 C > T) of the LEP gene using the RealTime_PCR software

У генотипированных животных рассчитывали коэффициент воспроизводительной способности (КВС) по Н. М. Крамаренко¹:

$$КВС = \frac{365}{МОП},$$

где 365 – число дней в году; МОП – продолжительность межотельного периода, дни.

Для нормального уровня плодовитости коров характерен коэффициент воспроизводительной способности в пределах 0,95-1,0².

Индекс воспроизводительной способности (ИВС) коровы находили по формуле³:

$$ИВС = \frac{Ч}{В - 2},$$

где Ч – число отелов за весь период использования; В – возраст использования, уменьшенный на 2 года⁴.

Индекс плодовитости (Т) – показатель воспроизводительной способности отдельных коров и популяции в целом определяли по формуле, предложенной венгерским ученым И. Дохи⁵:

$$Т = 100 - (К + 2 \times МОП),$$

где К – возраст коровы при первом отеле, мес.; МОП – средний межотельный период, мес.

Исходя из этой формулы, оценка коров по их воспроизводительной способности определяется:

Т = 48 и выше – хорошая;

Т = 41-47 – средняя;

Т = 40 и менее – низкая.

Статистическую обработку результатов исследования выполняли в табличном процессоре Excel офисного пакета Microsoft Office 2019 Pro. Показатели воспроизводительной способности по каждой группе животных определенного генотипа в таблицах приводятся в виде среднего арифметического (\bar{x}) с указанием стандартной ошибки среднего арифметического ($s_{\bar{x}}$).

Для проверки гипотезы о равенстве средних показателей между группами животных-носителей различных генотипов гена LEP использовали t-критерий Стьюдента при уровне значимости $P < 0,05$. При множественном сравнении средних показателей при определении статистической значимости применяли поправку Бонферрони для множественного тестирования гипотез ($m = 3$), при этом $P < 0,017$.

¹Родионов Г. В., Костомахин Н. М., Табакова Л. П. Скотоводство: учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2017. 213 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/131074>

²Иванова И. П., Троценко И. В. Планирование селекционно-племенной работы: учебное пособие. Омск: Омский ГАУ, 2021. 84 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/170277>

³Родионов Г. В., Костомахин Н. М., Табакова Л. П. Указ. соч.

⁴Там же.

⁵Там же.

Результаты и их обсуждение. В результате генотипирования исследуемых групп животных по локусам LEP-A80V, LEP-Y7F и LEP-R25C установлено, что наибольшей гете-

розиготностью по локусам A80V и R25C отличались коровы костромской породы, у черно-пестрой и ярославской пород она была существенно меньше (табл. 2).

Таблица 2 – Частота встречаемости генотипов различных полиморфизмов гена лептина в исследуемых группах коров /

Table 2 – Frequency of occurrence of genotypes of the leptin gene various polymorphisms in the studied groups of cows

Группа коров / Group of cows	n	Полиморфизм / Polymorphism								
		A80V			Y7F			R25C		
		AA	AV	VV	YY	YF	FF	RR	RC	CC
СПК «Гридино» / SPK «Gridino»	15	0,467	0,533	0	1,0	0	0	0,467	0,333	0,200
СПК «Колхоз «Родина» / SPK «Kolkhoz «Rodina»	18	0,444	0,556	0	1,0	0	0	0,389	0,611	0
Костромская порода / Kostroma breed	33	0,454	0,546	0	1,0	0	0	0,424	0,486	0,092
СПК «Яковлевское» / SPK «Yakovlevskoe»	45	0,578	0,378	0,04	0,933	0	0,067	0,511	0,289	0,200
СПК «Расловское» / SPK «Raslovskoe»	15	0,467	0,533	0	0,800	0	0,200	0,400	0,467	0,133
Черно-пестрая порода / Black and motley breed	60	0,550	0,417	0,033	0,900	0	0,100	0,483	0,333	0,183
ООО «Ладыгино» / ООО «Ladygino»	42	0,429	0,452	0,119	0,929	0	0,071	0,690	0,310	0
Ярославская порода / Yaroslavl breed	42	0,429	0,452	0,119	0,929	0	0,071	0,690	0,310	0

Как видно из данных таблицы 2, в результате генотипирования исследуемых коров по локусу LEP-A80V во всех группах наблюдалось почти полное отсутствие генотипа VV. В обеих группах животных костромской и черно-пестрой пород в СПК «Расловское» данный генотип полностью отсутствовал, в СПК «Яковлевское» он детектировался только у 4 % животных, а наибольшая доля генотипа VV наблюдалась у коров ярославской породы в ООО «Ладыгино» – 11,9 %. Примечательно, что почти во всех группах доля гетерозиготных коров была наибольшей (41,7-55,6 %), в СПК «Яковлевское», наоборот, преобладал гомозиготный генотип AA.

Полиморфизм по локусу LEP-Y7F у коров костромской породы отсутствовал – у них обнаружен только генотип YY. В остальных группах коров были найдены носители генотипа FF, их доля в группе СПК «Расловское» была наибольшей (20 %), в СПК «Яковлевское» и ООО «Ладыгино» – значительно меньшей – и составляла 6,7 и 7,1 % соответственно.

Генетическая структура исследуемых групп по локусу LEP-R25C характеризовалась полным отсутствием носителей генотипа CC

у коров ярославской (ООО «Ладыгино») и костромской пород СПК «Колхоз «Родина». В остальных группах генотип CC присутствовал у небольшой доли особей (13,3-20,0 %). Для большинства групп (СПК «Гридино», СПК «Яковлевское» и ООО «Ладыгино») было характерно преобладание доли носительниц гомозиготного генотипа RR (46,7 %, 51,1 и 69,0 % соответственно), в СПК «Колхоз «Родина» и СПК «Расловское» наибольшую долю составляли гетерозиготные коровы 46,7-61,1 %.

Таким образом, установлено, что в костромской и ярославской породах наибольшей частотой по локусу LEP-A80V обладал генотип AV (0,546 и 0,452 соответственно), в черно-пестрой – генотип AA (0,550). В разрезе полиморфизма Y7F гена лептина среди животных всех исследуемых пород коров преобладал генотип YY. По локусу LEP-R25C наибольшая частота встречаемости регистрировалась у особей с генотипом RC (0,486), у крупного рогатого скота ярославской и черно-пестрой пород – генотип RR (0,690 и 0,483 соответственно).

Для того чтобы оценить воспроизводительную способность коров различных генотипов по гену LEP, были сопоставлены данные

генотипирования и зоотехнического учета крупного рогатого скота разных пород. Воспроизводительные качества животных

костромской породы СПК «Гридино» и СПК колхоз «Родина» по локусам гена LEP и их генотипам даны в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели воспроизводства коров костромской породы СПК «Гридино» и СПК колхоз «Родина» с разными генотипами гена лептина ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$) /

Table 3 – Indicators of reproduction of cows of Kostroma breed of SPK «Gridino» and SPK Kolkhoz «Rodina» with different genotypes of the leptin gene ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

Показатель / Index	Полиморфизм / Polymorphism								
	A80V			Y7F			R25C		
	AA	AV	VV	YY	YF	FF	RR	RC	CC
СПК «Гридино» / SPK «Gridino»									
n	7	8	-	15	-	-	7	5	3
ИВС / IRA	0,717± 0,138	0,833± 0,125	-	0,788± 0,133	-	-	0,809± 0,128	0,729± 0,154	0,794± 0,09
КВС / CRA	0,911± 0,189	0,963± 0,112	-	0,910± 0,157	-	-	0,895± 0,08	0,921± 0,195	0,997± 0,09
Индекс Дохи / Doha Index	43,08± 7,86	47,2± 5,25	-	44,47± 6,67	-	-	44,67± 3,99	44,3± 7,57	48,10± 2,86
СПК колхоз «Родина» / SPK «Kolkhoz «Rodina»									
n	8	10	-	18	-	-	7	11	-
ИВС / IRA	0,783± 0,172	0,740± 0,141	-	0,751± 0,153	-	-	0,751± 0,173	0,751± 0,148	-
КВС / CRA	0,912± 0,161	0,971± 0,201	-	0,947± 0,176	-	-	0,950± 0,214	0,945± 0,158	-
Индекс Дохи / Doha Index	43± 5,41	44,5± 9,05	-	43,9± 7,27	-	-	43,1± 10,42	44,4± 4,88	-

Примечание: ИВС – индекс воспроизводительной способности; КВС – коэффициент воспроизводительной способности /

Notes: IRA – Index of reproductive ability; CRA – Coefficient of reproductive ability.

Анализ данных таблицы 3 по костромской породе показал, что достоверных различий обнаружено не было, однако были отмечены тенденции на увеличение воспроизводительных показателей у животных с разными генотипами. Так, по гену LEP A80V в стаде коров СПК «Гридино» среди двух установленных аллельных вариантов гена наиболее высокими показателями воспроизводительной способности характеризовались коровы-носители генотипа AV, значения ИВС, КВС и индекса Дохи которых были сравнительно выше, чем у гомозигот AA на 14,0 %, 6,0 и 9,0 % соответственно. Такая же тенденция была отмечена и среди животных СПК колхоз «Родина», где коровы с генотипом AV на 6,0 и 3,0 % превосходили сверстниц с генотипом AA по показателю КВС и индексу Дохи, а показатель ИВС был на 13 % выше у носителей генотипа AA. По данным ученого А. М. Клемпсона (А. М. Clempson) [5], особи крупного рогатого скота, в геноме которых присутствует аллель

V LEP A80V, характеризуются более высоким уровнем воспроизводительной способности.

В локусе гена LEP Y7F в обоих хозяйствах был установлен всего один, самый распространенный генотип – YY, в то время как аллель F является достаточно редким, и эти сведения подтверждаются в исследованиях Н. В. Ковалюк [18].

При исследовании показателей гена LEP R25C было установлено, что у крупного рогатого скота, несущего в своем геноме аллельный вариант CC в СПК «Гридино», показатели коэффициента воспроизводительной способности на 10,2 и 7,6 % и индекса Дохи на 7,1 и 7,9 % выше, чем у сверстниц с генотипами RR и RC соответственно. Однако индекс воспроизводительной способности был выше на 10,0 и 2,0 % у носительниц генотипа RR. В свою очередь, в СПК колхоз «Родина» у коров с генотипами RR и RC, показатели ИВС и КВС находились примерно на одном уровне, а индекс Дохи был на 3 % выше у представителей с генотипом RC. Н. Бховмик с соавт.

(N. Bhowmik et. al.) [15] приводят сведения по голштинским коровам, где отмечается, что С-аллель в генотипе R25C ассоциирован с меньшей продолжительностью межотельного периода.

Среди выборки коров черно-пестрой породы СПК «Яковлевское» и СПК «Расловское» были получены следующие результаты (табл. 4).

Таблица 4 – Показатели воспроизводства коров черно-пестрой породы СПК «Яковлевское» и СПК «Расловское» с разными генотипами гена лептина ($\bar{x} \pm s_x$) / Table 4 – Indicators of reproduction of cows of the Black-and-White breed of SPK «Yakovlevskoye» and SPK «Raslovskoye» with different genotypes of the leptin gene ($\bar{x} \pm s_x$)

Показатель / Index	Полиморфизм / Polymorphism								
	A80V			Y7F			R25C		
	AA	AV	VV	YY	YF	FF	RR	RC	CC
СПК «Яковлевское» / SPK «Yakovlevskoye»									
n	26	17	2	42	-	3	23	13	9
ИВС / IRA	0,844± 0,167	0,930± 0,121	0,813± 0,03	0,900± 0,189	-	0,899± 0,146	0,919± 0,135	0,857± 0,174	0,906± 0,130
КВС / CRA	0,665± 0,249	0,780± 0,179	0,815± 0,129	0,800± 0,110	-	0,696± 0,257	0,769± 0,252	0,652± 0,198	0,683± 0,178
Индекс Дохи / Doha Index	48,3± 12,63	48,83± 4,80	46,4± 2,71	47,46± 7,47	-	47,33± 6,10	48,16± 5,86	45,61± 7,54	47,66± 4,12
СПК «Расловское» / SPK «Raslovskoye»									
n	7	8	-	12	-	3	6	7	2
ИВС / IRA	0,658± 0,140	0,656± 0,157	-	0,589± 0,01	-	0,687± 0,155	0,722± 0,175	0,667± 0,08	0,507± 0,140
КВС / CRA	0,742± 0,255	0,800± 0,164	-	0,517± 0,07	-	0,842± 0,162	0,846± 0,102	0,787± 0,249	0,530± 0,06
Индекс Дохи / Doha Index	36,82± 16,97	42,54± 8,76	-	25,85± 12,58	-	43,92± 10,81	45,09± 7,05	40,26± 15,35	26,13

Примечание: ИВС – индекс воспроизводительной способности; КВС – коэффициент воспроизводительной способности /

Notes: IRA – Index of reproductive ability; CRA – Coefficient of reproductive ability.

Данные, представленные в таблице 4, не позволяют говорить о наличии статистически значимых различий между средними показателями воспроизводительной способности коров различных генотипов. В то же время, воспроизводительная способность у коров черно-пестрой породы, имеющих в своем геноме аллель V локуса LEP-A80V, имела тенденцию к повышению, что соотносится с исследованиями А. Херави Мусави (A. Heravi Moussavi) [17]. Наиболее высокие показатели КВС были зафиксированы у носителей аллельного варианта VV – 0,815. Однако максимальное значение ИВС и индекса Дохи отмечено у животных с генотипом AV – 0,930 и 42,54 соответственно. Среди коров племенного репродуктора СПК «Расловское» индекс воспроизводительной способности у сверстниц с генотипами AA и AV был на одном уровне, а коэффициент воспроизводительной

способности и индекс Дохи были выше у носительниц генотипа AV – 0,800 и 42,54 соответственно.

При изучении показателей гена LEP Y7F были отмечены противоположные тенденции. В СПК «Яковлевское» наивысшие показатели по КВС и индексу Дохи получены у представителей с генотипом YY – 0,800 и 47,46 соответственно. У коров черно-пестрой породы СПК «Расловское» наблюдали тенденцию к увеличению показателей ИВС, КВС и индекса Дохи с генотипом FF, которые составили 0,687; 0,842 и 43,92 соответственно.

При анализе показателей гена LEP R25C была отмечена общая закономерность для черно-пестрой породы, разводимой в СПК «Яковлевское» и СПК «Расловское», – тенденция на увеличение воспроизводительной способности у коров с генотипом RR. В СПК «Яковлевское» воспроизводительные показате-

тели ИВС, КВС и индекс Дохи у животных с гомозиготным генотипом RR находились на уровне 0,919, 0,769 и 48,16, в СПК «Расловское» – 0,722, 0,846 и 45,09 соответственно.

В племрепродукторе по ярославской породе ООО «Ладыгино» вследствие генотипирования животных были получены результаты, представленные в таблице 5.

Таблица 5 – Показатели воспроизводства коров ярославской породы с генотипами по разным локусам лептина в ООО «Ладыгино» ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$) /

Table 5 – Indicators of reproduction of Yaroslavl breed cows with genotypes at different leptin loci in LLC «Ladygino» ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

Показатель / Index	Полиморфизм / Polymorphism								
	A80V			Y7F			R25C		
	AA	AV	VV	YY	YF	FF	RR	RC	CC
n	18	19	5	39	-	3	29	13	-
ИВС / IRA	0,584± 0,220	0,625± 0,163	0,538± 0,117	0,615± 0,165	-	0,386± 0,350	0,613± 0,172	0,570± 0,219	-
КВС / CRA	0,985± 0,164	0,925± 0,114	0,878± 0,113	0,943± 0,150	-	0,913± 0,118	0,939± 0,106	0,933± 0,126	-
Индекс Дохи / Doha Index	43,65± 9,45	43,71± 9,25	41,1± 3,02	42,55± 7,54	-	44,09± 6,88	42,77± 7,6	44,29± 11,91	-

Анализ параметров воспроизводства животных ярославской породы, представленных в таблице 5, не показал статистически значимых различий по всем исследуемым локусам гена лептина. Показатели воспроизводства коров с гомозиготным вариантом VV имели тенденцию к снижению относительно сверстниц с другими генотипами. При этом носительницы генотипа AV по индексу воспроизводительной способности превосходили показатели генотипов AA и VV на 6,6 % и 14,0 % соответственно, по индексу Дохи на 6,0 % коров с генотипом VV. Животные с генотипом AA по показателю КВС превосходили группы животных с AV и VV-генотипами на 6,1 и 11,0 % соответственно.

У коров с генотипами YY и FF гена LEP Y7F достоверных различий выявлено не было, однако наиболее высокий ИВС и КВС среди них наблюдали у особей генотипа YY, что на 37,2 % и 3,2 % больше, чем у сверстниц FF генотипа, по индексу Дохи показатели животных с генотипом FF на 3,5 % были выше.

При изучении полиморфизма гена LEP R25C достоверных различий также не было обнаружено, но отмечалась тенденция у гетерозиготных животных к повышению показателей воспроизводительной способности по сравнению со сверстницами RR-генотипа: индекса Дохи на 3,4 %, а индекса и коэффициента воспроизводительной способности – на 7,0 и 0,6 % соответственно.

Заключение. Таким образом, в результате научных исследований был разработан и апробирован новый способ генотипирования крупного рогатого скота по трем локусам LEP. У коров костромской и ярославской пород установлена наибольшая частота встречаемости генотипа AV (0,546 и 0,452 соответственно) полиморфизма LEP A80V и RC (0,486 и 0,690 соответственно) полиморфизма R25C, а у коров черно-пестрой породы, напротив, – генотипа AA (0,550) и RR (0,483). Однако не было определено статистически значимых отличий по показателям воспроизводительной способности между коровами различных генотипов по гену лептина. Есть основания полагать, что у крупного рогатого скота костромской породы желательным генотипом является AV, ярославской – AA (LEP-A80V), у черно-пестрой породы – RR (LEP-R25C). Наблюдаемые тенденции к наличию более высоких воспроизводительных качеств у носительниц аллелей LEP-A80V^A и LEP-R25C^R в изучаемых породах крупного рогатого скота подтверждаются исследованиями других авторов. Поэтому изучение влияния полиморфизма гена лептина на воспроизводительные способности коров отечественных молочных пород необходимо продолжить с привлечением существенно большего поголовья животных.

Список литературы

1. Юдина О. П., Ефимов И. А., Гегамян Н. С., Кракосевич Т. В. Репродуктивные показатели дочерей быков голштинской породы в зависимости от генотипа быка по гену каппа-казеина. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018;(4):140-144.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36707649>
2. Щеголев П. О., Сабетова К. Д., Чаицкий А. А., Сорокина А. Связь полиморфизма гена лептина (LEP) с хозяйственно полезными признаками крупного рогатого скота. Аграрный вестник Нечерноземья. 2021;(1):25-32. DOI: https://doi.org/10.52025/2712-8679_2021_01_25
3. Харитоновна А. С., Ильиничева Т. Г., Шендаков А. И. Воспроизводительные способности голштинских коров-первотелок разной линейной принадлежности. Наука и Образование. 2020;3(2):167.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43830322>
4. Белозерцева С. Л., Петрухина Л. Л. Влияние межотельного периода на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы. Новые сорта и инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур - основа повышения эффективности сельскохозяйственного производства: мат-лы междунаро. научн.-практ. конф. Иркутск: Иркутский ГАУ им. А. А. Ежовского, 2019. С. 109-114.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41377850>
5. Clempson A. M., Pollott G. E., Brickell J. S., Bourne N. E., Muncie N., Wathes D. C. Evidence that leptin genotype is associated with fertility, growth, and milk production in Holstein cows. J. Dairy Sci. 2011;94(7):3618-3628. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3626>
6. Мачульская Е. В., Ковалюк Ю. Ю., Шахназарова В. Ф., Сацук А. А., Сермягин А. В., Доцев А. В. Связь генотипов LEP с племенной ценностью по показателям молочной продуктивности. Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2017;6(1):82-88
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29883206>
7. Blüher S., Mantzoros C. S. Leptin in reproduction. Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity. 2007;14(6):458-464. DOI: <https://doi.org/10.1097/med.0b013e3282f1cfdc>
8. Buchanan F. C., Fitzsimmons C. J., Van Kessel A. G., Thue T. D., Winkelman-Sim D. C., Schmutz Sh. M. Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels. Genetic Selection Evolution. 2002;34:105. DOI: <https://doi.org/10.1051/gse:2001006>
9. Komisarek J. Impact of LEP and LEPR gene polymorphisms functional traits in Polish Holstein Friesian cattle. Animal Science Paper and Reports. 2010;28(2):133-141.
URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77954068399&partnerID=MN8TOARS>
10. Souza F. R., Mercadante M. E., Fonseca L. F. S., Ferreira L. M. S., Regatieri I. C., Ayres D. R., Tonhati H., Silva S. L., Razook A. G., Albuquerque L. G. Assessment of *DGATI* and *LEP* gene polymorphisms in three Nelore (*Bos indicus*) lines selected for growth and their relationship with growth and carcass traits. Journal of Animal Science. 2013;88(2):435-441. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2174>
11. Brickell J. S., Pollott G. E., Clempson A. M., Otter N., Wathes D. C. Polymorphisms in the bovine leptin gene associated with perinatal mortality in Holstein-Friesian heifers. Journal of Dairy Sciences. 2010;93(1):340-347. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2457>
12. Almeida S. E. M., Almeida E. A., Moraes J. C. F., Weimer T. A. Molecular markers in the LEP gene and reproductive performance of beef cattle. Journal of Animal Breeding and Genetics. 2003;120(2):106-113. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0388.2003.00377.x>
13. Giblin L., Butler S. T., Kearney B. M., Waters S. M., Callanan M. J., Berry D. P. Association of bovine leptin polymorphisms with energy output and energy storage traits in progeny tested Holstein-Friesian dairy cattle sires. BMC Genetics. 2010;11:73. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2156-11-73>
14. Liefers S. C., Veerkamp R. F., Te Pas M. F. W., Chilliard Y., Van der Lende T. Genetics and physiology of leptin in periparturient dairy cows. Domest. Anim. Endocrinol. 2005;29(1):227-238.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2005.02.009>
15. Bhowmik N., Ringwall K. A., Dahlen C. R., Swanson K. C., Clapper J. A., Ward A. K., Hulsman Hanna L. L. The role of leptin in reproductive characteristics of commercial beef cows and heifers. Translational animal science. 2019; 3(S-1):1764-1768. DOI: <https://doi.org/10.1093/tas/txz083>
16. Ковалюк Н. В., Сацук В. Ф., Мачульская Е. В., Шахназарова Ю. Ю. Возможные причины и последствия распространения отдельных аллельных вариантов гена LEP в группах айрширского и голштинского скота. Генетика. 2018;54(12):1442-1447. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0016675818120068>
17. Heravi Moussavi A., Ahouei M., Nassiri M. R., Javadmanesh A. Association of Leptin Polymorphism with Production, Reproduction and Plasma Glucose Level in Iranian Holstein Cows. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 2006;19(5):627-631. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.627>
18. Ковалюк Н. В., Гырнец Е. А. Полиморфизм аллель гена LEP как генетический маркер функционального долголетия крупного рогатого скота. Universum: химия и биология. 2016;6(24).
Режим доступа: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/3257>

References

1. Yudina O. P., Efimov I. A., Gegamyayn N. S., Krakosevich T. V. Reproductive performance of holstein bulls' daughters depending on the genotype of the bull for the kappa - casein gene. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018;(4):140-144. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36707649>
2. Shehegolev P. O., Sabetova K. D., Chaitskiy A. A., Sorokina A. Relationship of leptin gene polymorphism (LEP) with economically useful traits of cattle. *Agrarnyy vestnik Nechernozem'ya = Agrarian Bulletin of the Non-Chernozem region*. 2021;(1):25-32. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.52025/2712-8679_2021_01_25
3. Kharitonova A. S., Ilyinicheva T. G., Shendakov A. I. Reproduction abilities of golstein cows-primers of various linear affiliation. *Nauka i Obrazovanie = The Education and Science Journal*. 2020;3(2):167. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43830322>
4. Belozertseva S. L., Petrukhina L. L. The influence of period between the calvings on milk productivity of cows of black-and-white breed. New varieties and innovative technologies of cultivation of agricultural crops are the basis for increasing the efficiency of agricultural production: Proceedings of International scientific and practical Conference. Irkutsk: *Irkutskiy GAU im. A. A. Ezhevskogo*, 2019. pp. 109-114. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41377850>
5. Clempson A. M., Pollott G. E., Brickell J. S., Bourne N. E., Munce N., Wathes D. C. Evidence that leptin genotype is associated with fertility, growth, and milk production in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 2011;94(7):3618-3628. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3626>
6. Machulskaya E. V., Kovalyuk Yu. Yu., Shakhnazarova V. F., Satsuk A. A., Sermyagin A. V., Dotsev A. V. The relationship of the LEP genotypes with breeding value by milk productivity indices. *Sbornik nauchnykh trudov Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva*. 2017;6(1):82-88. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29883206>
7. Bluher S., Mantzoros C. S. Leptin in reproduction. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*. 2007;14(6):458-464. DOI: <https://doi.org/10.1097/med.0b013e3282f1cfdc>
8. Buchanan F. C., Fitzsimmons C. J., Van Kessel A. G., Thue T. D., Winkelman-Sim D. C., Schmutz Sh. M. Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels. *Genetic Selection Evolution*. 2002;34:105. DOI: <https://doi.org/10.1051/gse:2001006>
9. Komisarek J. Impact of LEP and LEPR gene polymorphisms functional traits in Polish Holstein Friesian cattle. *Animal Science Paper and Reports*. 2010;28(2):133-141. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77954068399&partnerID=MN8TOARS>
10. Souza F. R., Mercadante M. E., Fonseca L. F. S., Ferreira L. M. S., Regatieri I. C., Ayres D. R., Tonhati H., Silva S. L., Razook A. G., Albuquerque L. G. Assessment of *DGAT1* and *LEP* gene polymorphisms in three Nelore (*Bos indicus*) lines selected for growth and their relationship with growth and carcass traits. *Journal of Animal Science*. 2013;88(2):435-441. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2174>
11. Brickell J. S., Pollott G. E., Clempson A. M., Otter N., Wathes D. C. Polymorphisms in the bovine leptin gene associated with perinatal mortality in Holstein-Friesian heifers. *Journal of Dairy Sciences*. 2010;93(1):340-347. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2457>
12. Almeida S. E. M., Almeida E. A., Moraes J. C. F., Weimer T. A. Molecular markers in the LEP gene and reproductive performance of beef cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2003;120(2):106-113. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0388.2003.00377.x>
13. Giblin L., Butler S. T., Kearney B. M., Waters S. M., Callanan M. J., Berry D. P. Association of bovine leptin polymorphisms with energy output and energy storage traits in progeny tested Holstein-Friesian dairy cattle sires. *BMC Genetics*. 2010;11:73. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2156-11-73>
14. Liefers S. C., Veerkamp R. F., Te Pas M. F. W., Chilliard Y., Van der Lende T. Genetics and physiology of leptin in periparturient dairy cows. *Domest. Anim. Endocrinol.* 2005;29(1):227-238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2005.02.009>
15. Bhowmik N., Ringwall K. A., Dahlen C. R., Swanson K. C., Clapper J. A., Ward A. K., Hulsman Hanna L. L. The role of leptin in reproductive characteristics of commercial beef cows and heifers. *Translational animal science*. 2019; 3(S-1):1764-1768. DOI: <https://doi.org/10.1093/tas/txz083>
16. Kovalyuk N. V., Satsuk V. F., Machulskaya E. V., Shakhnazarova Yu. Yu. Possible causes and consequences of the distribution of separate allelic variants of the LEP gene in the groups of ayrshire and holstein cattle. *Genetika = Russian Journal of Genetics*. 2018;54(12):1442-1447. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.1134/S0016675818120068>
17. Heravi Moussavi A., Ahoiei M., Nassiri M. R., Javadmanesh A. Association of Leptin Polymorphism with Production, Reproduction and Plasma Glucose Level in Iranian Holstein Cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2006;19(5):627-631. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.627>
18. Kovalyuk N. V., Gyrnets E. A. Polymorphism of lep gene allele as a genetic marker of functional longevity of ayrshire cattle. *Universum: khimiya i biologiya*. 2016;6(24). (In Russ.). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/3257>

Сведения об авторах

Лемякин Александр Дмитриевич, магистрант, техник лаборатории генетики и ДНК технологий регионального информационно-селекционного центра, ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», ул. Учебный городок, 34, п. Караваево, Костромской район, Костромская область, Российская Федерация, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7737-6351>

Тяжченко Александр Николаевич, магистрант, техник лаборатории генетики и ДНК технологий регионального информационно-селекционного центра, ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», ул. Учебный городок, 34, п. Караваево, Костромской район, Костромская область, Российская Федерация, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6414-7269>

✉ **Сабетова Ксения Дмитриевна**, кандидат вет. наук, зав. лаборатории генетики и ДНК технологий регионального информационно-селекционного центра, ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», ул. Учебный городок, 34, п. Караваево, Костромской район, Костромская область, Российская Федерация, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3282-4779>, e-mail: ksenyiasabetova@mail.ru

Чаицкий Алексей Александрович, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории генетики и ДНК технологий регионального информационно-селекционного центра, ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», ул. Учебный городок, 34, п. Караваево, Костромской район, Костромская область, Российская Федерация, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5853-3809>

Щеголев Павел Олегович, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории генетики и ДНК технологий регионального информационно-селекционного центра, ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», ул. Учебный городок, 34, п. Караваево, Костромской район, Костромская область, Российская Федерация, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3552-8457>

Королев Антон Александрович, кандидат с.-х. наук, селекционер-зоотехник регионального информационно-селекционного центра, ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», ул. Учебный городок, 34, п. Караваево, Костромской район, Костромская область, Российская Федерация, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1561-5449>

Information about the authors

Alexander D. Lemyakin, Master's student, technician of the Laboratory of Genetics and DNA Technologies of the Regional Information and Breeding Center, Kostroma State Agricultural Academy, 34, Uchebny Gorodok str., Karavaevo village, Kostroma district, Kostroma region, Russian Federation, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7737-6351>

Alexander N. Tyazhchenko, Master's student, technician of the Laboratory of Genetics and DNA Technologies of the Regional Information and Breeding Center, Kostroma State Agricultural Academy, 34, Uchebny Gorodok str., Karavaevo village, Kostroma district, Kostroma region, Russian Federation, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6414-7269>

✉ **Ksenia D. Sabetova, PhD in Veterinary Sciences**, Head of the Laboratory of Genetics and DNA Technologies of the Regional Information and Breeding Center, Kostroma State Agricultural Academy, 34, Uchebny Gorodok str., Karavaevo village, Kostroma district, Kostroma region, Russian Federation, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3282-4779>, e-mail: ksenyiasabetova@mail.ru

Alexey A. Chaitsky, post-graduate student, junior researcher, the Laboratory of Genetics and DNA Technologies of the Regional Information and Breeding Center, Kostroma State Agricultural Academy, 34, Uchebny Gorodok str., Karavaevo village, Kostroma district, Kostroma region, Russian Federation, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5853-3809>

Pavel O. Shchegolev, PhD in Agricultural Science, senior researcher, the Laboratory of Genetics and DNA Technologies of the Regional Information and Breeding Center, Kostroma State Agricultural Academy, 34, Uchebny Gorodok str., Karavaevo village, Kostroma district, Kostroma region, Russian Federation, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3552-8457>

Anton A. Korolev, PhD in Agricultural Science, animal science specialist of the Regional Information and breeding center, Kostroma State Agricultural Academy, 34, Uchebny Gorodok str., Karavaevo village, Kostroma district, Kostroma region, Russian Federation, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1561-5449>

✉ – Для контактов / Corresponding author