Аграрный научный журнал. 2022. № 12. С. 58–61
Agrarian Scientific Journal. 2022;(12):58–61

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Научная статья
УДК 636.082.2:636.034
doi: 10.28983/asj.y2022i12pp58-61

Ассоциация полиморфизма гена лептин (LEP) с показателями воспроизводства голштинского скота отечественной и зарубежной селекции при различных технологиях доения и способах содержания

Эльза Равилевна Гайнутдинова, **Наталья Юрьевна Сафина**, **Шамиль Касымович Шакиров**, **Зилия Фидаилевна Фаттахова**
Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия, e-mail: elga120574@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты анализа показателей воспроизводительной способности 379 коров-первотелок голштинской породы отечественной и 228 зарубежной селекции с разными генотипами гена LEP при различных технологиях доения и условиях содержания. Частота встречаемости генотипов гена LEP в поголовье зарубежной селекции ранжировалась следующим образом: CC – 32,5; TC – 49,1 и TT – 18,4 %. В поголовье отечественного скота распределение генотипов CC, TC и TT гена LEP соответствовало 23,5; 54,3 и 22,2 %. Установлено, что животные с генотипом TT гена LEP отличаются лучшими показателями живой массы при первом плодотворном осеменении, КВС, индекса Дохи, выхода телят, протяженности межотельного и сервис-периодов по сравнению со сверстницами, имеющими генотипы CC и TC. Среди первотелок отечественной селекции превосходство установлено за животными с генотипом TC по показателям живой массы, сервис-периода и индекса Дохи. По остальным признакам репродуктивной способности выгодно выделяются особи с генотипом CC гена LEP. В разрезе двух хозяйств в ходе опыта отмечается, что коровы-первотелки голштинской породы зарубежной селекции с беспривязной технологией содержания имеют наилучшие показатели воспроизводительных качеств по сравнению с популяцией отечественной селекции стойлового содержания. Таким образом, генетические и паратипические факторы наряду с такими принципами организации управления стадом, как технология доения и условия содержания в равной степени оказывают влияние на репродуктивные качества голштинского крупного рогатого скота.

Ключевые слова: полиморфизм; ген; лептин (LEP); крупный рогатый скот; первотелки; воспроизводительная способность.
Для цитирования: Гайнутдинова Э. Р., Сафина Н. Ю., Шакиров Ш. К., Фаттахова З. Ф. Ассоциация полиморфизма гена лептин (LEP) с показателями воспроизводства голштинского скота отечественной и зарубежной селекции при различных технологиях доения и способах содержания // Аграрный научный журнал. 2022. № 12. С. 58–61. http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i12pp58-61.

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Original article

Association of leptin (LEP) gene polymorphism with reproduction traits of domestic and imported Holstein cattle in different milking technologies and housing conditions

Elza R. Gaynutdinova, Natalia Yu. Safina, **Shamil K. Shakirov**, **Ziliya F. Fattakhova**
Tatar Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center of RAS, Kazan, Russia, e-mail: elga120574@mail.ru

Abstract. The article presents results of traits of reproductive ability of Holstein cows of domestic (379 animals) and imported (228 animals) breeding with different genotypes of the leptin gene (LEP) with different milking technologies and housing conditions. Frequency of occurrence of genotypes of LEP gene in imported herd range: CC – 32.5; TC – 49.1 и TT – 18.4 %. In herd of domestic animals frequency of CC, TC and TT genotypes of LEP gene was – 23.5; 54.3 and 22.2 %. In our research it has been shown that animals with the TT genotype of the LEP gene are distinguished by the best traits of live weight at the first fruitful insemination, reproductive capacity coefficient, Dohi index, yield of calves per 100 cows, duration of the calving interval and open days, compared with animals with CC and TC genotypes. Among the cows of domestic breeding, superiority was established for animals with the TC genotype in traits of live weight, service period and Dohi index. For others traits of reproductive ability stand out favorably animals with the CC genotype of the LEP gene. In the context of two farms in the course of the experiment, it is noted that Holstein cows of imported selection with yard housing technology have the best indicators of reproductive qualities, compared with the population of domestic selection of stall barn housing technology. It follows from this that genetic and paratypic factors, along with such herd management principles as milking technology and housing conditions, equally affect the reproductive qualities of Holstein cattle. This research was supported by FASO Russia project number 122011800138-7.

Keywords polymorphism; gene; leptin (LEP); cattle; heifers; reproduction ability.
For citation*:* Gaynutdinova E. R., Safina N. Yu., Shakirov Sh. K., Fattakhova Z. F. Association of leptin (LEP) gene polymorphism with reproduction traits of domestic and imported Holstein cattle in different milking technologies and housing conditions. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(12):58–61. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i12pp58-61.

Введение. За последнее десятилетие показатели воспроизводительных качеств дойных коров снизились. Кроме того, признаки фертильности имеют низкую наследуемость, и их генетическое улучшение с помощью обычного разведения может быть трудоемким и малоэффективным. Следовательно, следует сделать упор на повышение репродуктивной функции дойных коров посредством маркер-ассоциированной селекции [15]. Коровы с высокой продуктивностью в начале лактации склонны дольше оставаться в отрицательном энергетическом балансе и, как следствие, имеют худшие показатели фертильности [11]. Во многих хозяйствах, где содержится высокопродуктивная голштинская порода молочного скота, наблюдается снижение общей способности к воспроизводству стада [2, 7]. По словам Л.В. Ефимовой и др. [4], проявление продуктивных качеств коров также зависит от условий их содержания. Менее продолжительный сервис-период и более результативное оплодотворение в результате осеменения были установлены у коров с беспривязным содержанием.

Многочисленные исследования выявили SNP группы генов, в значительной степени связанные с признаками, которые влияют на функциональные качества крупного рогатого скота, такие как возраст и живая масса первого плодотворного осеменения [1, 6, 12, 13].

©Гайнутдинова Э. Р., Сафина Н. Ю., Шакиров Ш. К., Фаттахова З. Ф., 2022

Ген LEP кодирует 167 аминокислот, составляющих полипептидный гормон, который воздействует на метаболические процессы и нейроэндокринную систему, регулирует функции половых желез, модулирует действие инсулина и инсулиноподобных факторов роста. Также лептин провоцирует выработку гипофизом двух гормонов: фолликулостимулирующего и лютеинизирующего, помогая в развитии фолликула яичника, тем самым ускоряя наступление эструса у коров, влияет на эндокринные процессы и контролирует половую зрелость на уровне гипоталамуса [8, 10, 14]. Изучение аборигенного скота Индии свидетельствует о значительном влиянии генотипов гена LEP на показатели репродуктивных качеств по итогам нескольких лактаций [16, 17].

Цель данного исследования – оценить и сравнить особенности показателей воспроизводительной способности коров-первотелок отечественной и зарубежной селекции с разными генотипами гена LEP при различных способах содержания.

Методика исследований. В исследованиях были использованы данные, полученные в 2019–2021 гг. в ходе изучения двух различных популяций крупного рогатого скота Республики Татарстан. Первая популяция состояла из 228 коров-первотелок голштинской породы зарубежной селекции, содержащихся в молочном комплексе на беспривязном содержании с роботизированной системой доения. Вторая популяция, состоящая из 379 племенных коров-первотелок голштинской породы отечественной селекции, находилась на стойловом содержании, с 2-разовым доением.

Образцы цельной крови опытных животных отбирали из хвостовой вены. Для выделения ДНК из биологического материала применяли готовый набор «ДНК Сорб-В» (АмплиПрайм, Россия). Генотипирование осуществляли методом АС-ПЦР, по разработанному протоколу. Для ПЦР использовали праймеры (СибЭнзим, Россия) с заданной олигонуклеотидной последовательностью [9, 18].

Электрофорез проводили в горизонтальной камере в 2,6%-м агарозном геле в присутствии бромида этидия и 1*ТВЕ буфера в течение 25 мин. Визуализацию, фиксацию и документирование результатов АС-ПЦР осуществляли с помощью системы видеофиксации Gel&Doc (BioRad, США). Данные о показателях воспроизводства (возраст первого плодотворного осеменения, живая масса при первом плодотворном осеменении, продолжительность сервис-периода, сухостойного периода, межотельного периода) исследуемого поголовья были получены из информационно-аналитической системы «СЭЛЭКС. Молочный скот w8.0.0.0» (АРМ Плинор, Россия). Частоту встречаемости отдельных аллелей и генотипов гена лептин определяли по методическим указаниям [5]. Расчетные показатели: выход живых телят на 100 коров (гол.), индекс плодовитости Дохи и коэффициент воспроизводительной способности (КВС) стада вычисляли по рекомендациям И.М. Дунина [3]. Обработку данных осуществляли в программе MS Excel, с использованием формул биометрического анализа и вариационной статистики. Уровень достоверности полученных различий проверяли по критерию *t*-Стьюдента.

Результаты исследований. В хозяйстве с беспривязным содержанием изучаемая популяция коров-первотелок зарубежной селекции была полиморфна по гену LEP. Частота встречаемости аллелей С и Т составила 0,570 и 0,430 соответственно. Генотипы по гену лептин имели следующее распределение – СС – 32,5 % (74 гол.), ТС – 49,1% (112 гол.) и ТТ – 18,4 % (42 гол.). Для оценки репродуктивных качеств животных нами были проведены исследования, показывающие наличие связей между признаками и полиморфизмом изучаемых генов (табл. 1).

Показатель возраста первого плодотворного осеменения у групп особей с генотипами LEP^{TC} и LEP^{CC} имел одинаковый результат, который составил 15,3 месяца. Животных с генотипом LEP^{TT} осеменили позднее на 0,2 месяца (1,3 %), при этом эта же группа имела большую живую массу при 1-м осеменении (384,4 кг) по сравнению с группами животных с генотипами СС и ТС на 5,9 и 4,1 кг соответственно.

Наибольшую продолжительность сервис-периода наблюдали у коров-первотелок с генотипом LEP^{TC}. Статистически значимая разница по этому показателю со сверстницами, имеющими генотип ТТ, составила 22,8 дня (19,0 %; $p<0,05$).

Таблица 1

Воспроизводительные качества коров-первотелок с беспривязным содержанием (хозяйство 1)

Показатель	Генотипы LEP		
	СС (n = 74)	ТС (n = 112)	ТТ (n = 42)
Возраст 1-го осеменения, мес.	15,3±0,4	15,3±0,3	15,5±0,5
Живая масса при 1-м осеменении, кг	378,5±3,1	380,3±2,6	384,4±3,9
Сервис-период, дни	106,7±8,9	120,1±8,0*	97,3±8,3
МОП, дни	389,4±10,1	401,9±8,6*	377,5±8,8
Сухостойный период, дни	45,9±2,1	48,2±1,2	49,3±2,7
КВС	0,94±0,02	0,91±0,02	0,97±0,02*
Индекс Дохи	49,9±0,8	48,2±0,7	50,0±1,0
Выход телят на 100 коров, гол.	90,6±3,0	85,9±2,6	93,9±3,1*

* $p<0,05$.

По показателю межотельного периода преимущество также было у особей с генотипом ТС. Статистически значимое различие по продолжительности межотельного периода – 24,4 дня (17,6 %; $p<0,05$) отмечали между коровами-первотелками с генотипами ТС и ТТ. Установлена тенденция на удлинение сухостойного периода от животных с генотипом ТТ к ТС – 1,1 дня и от животных с генотипом ТС к СС – 2,3 дня. Между субпопуляциями с генотипами ТТ и СС тенденция составила 3,4 дня.

Хорошие результаты по расчетным показателям, характеризующим воспроизводительные качества, продемонстрировали коровы-первотелки с генотипом ТТ гена LEP. По коэффициенту воспроизводительной способности (КВС) различие с животными, имеющими генотип ТС, составило 0,06 (6,2 %; $p<0,05$), по выходу телят – 8 гол. (8,5 %; $p<0,05$). По индексу Дохи также выгодно отличались коровы-первотелки с генотипом LEP^{TT}. Разница по этому показателю носила характер тенденции и составила между особями с генотипами ТТ и ТС – 1,8, между особями с генотипами ТТ и СС – 0,1.

В хозяйстве со стойловым содержанием изучаемая популяция коров-первотелок отечественной селекции также была полиморфна по гену LEP. Идентифицированные генотипы имели следующее распределение: СС – 23,5 % (89 гол.), ТС – 54,3 % (206 гол.) и ТТ – 22,2 % (84 гол.). Аллели С и Т встречались с частотой 0,507 и 0,493 соответственно. Данные о репродуктивных качествах изучаемого поголовья в разрезе генотипов гена LEP представлены в табл. 2.

Возраст первого плодотворного осеменения между группами животных с различными генотипами не имел статистически значимого различия и установлен на уровне 16,3–16,9 месяца. Живая масса при первом плодотворном осеменении у

© Гайнутдинова Э. Р., Сафина Н. Ю., Шакиров Ш. К., Фаттахова З. Ф., 2022

Таблица 2

Воспроизводительные качества коров-первотелок со стойловым содержанием (хозяйство 2)

Показатель	Генотипы LEP		
	CC (n = 89)	TC (n = 206)	TT (n = 84)
Возраст 1-го осеменения, мес.	16,9±0,3	16,8±0,2	16,3±0,3
Живая масса при 1-м осеменении, кг	414,0±2,6	416,9±2,3	411,8±3,1
Сервис-период, дни	138,8±7,6	128,4±5,6	148,8±8,3*
МОП, дни	381,1±6,0	384,4±4,2	401,0±7,4*
Сухостойный период, дни	56,9±1,7	58,5±1,4	59,2±1,9
КВС	0,96±0,02	0,95±0,01	0,91±0,02
Индекс Дохи	48,5±0,5	48,6±0,3	47,6±0,5
Выход телят, гол.	79,3±1,9	83,0±1,3*	75,9±2,4

* p<0,05.

телок с генотипом TC незначительно превышала величину этого показателя у особей с генотипами CC и TT соответственно на 2,9 и 5,1 кг.

По показателям сервис-периода и межотельного периода выгодно выделились животные с генотипом LEP^{TT}. Статистически значимая разница по показателю сервис-периода между коровами с генотипами TT и TC составила 20,4 дня (13,7 %; p<0,05), а по продолжительности межотельного периода между коровами с генотипами TC и CC – 19,9 дня (5,0 %; p<0,05). По протяженности сухостойного периода в исследуемом поголовье скота достоверных различий не установлено, средняя продолжительность по популяции зафиксирована от 56,9 до 59,5 дня.

Индекс воспроизводительной способности стада (индекс Дохи) между группами животных с различными генотипами гена LEP был зафиксирован на уровне 47,6–48,6 и не имел статистически значимого различия.

По выходу живых телят на 100 голов коров статистически значимое преимущество было у первотелок с генотипом LEP^{TC} – 48,6 гол., что на 7,1 гол. (8,6 %; p<0,01) больше, чем у животных с генотипом LEP^{TT}.

В целом, воспроизводительная способность стада находится на хорошем физиологическом уровне для высокопродуктивных коров, о чем свидетельствует показатель КВС в интервале 0,91–0,96 в оцениваемых субпопуляциях.

Коровы с одинаковыми генотипами в хозяйствах 1 и 2 имели достоверные различия по показателям воспроизводительной способности. Более ранним возрастом первого плодотворного осеменения характеризовались телки в хозяйстве 1. Разница по этому признаку между особями, имеющими генотип LEP^{CC}, составила 1,6 месяца (9,5 %; p<0,01), а генотип LEP^{TC} – 1,5 месяца (8,9 %; p<0,001) по сравнению с животными хозяйства 2.

Показатель живой массы при первом осеменении в хозяйстве 2 был выше, чем в хозяйстве 1, у групп с генотипом LEP^{CC} на 35,5 кг (8,6 %; p<0,001), с генотипом LEP^{TC} – на 36,6 кг (8,8 %; p<0,001), а с генотипом LEP^{TT} – на 27,4 кг (6,7 %; p<0,001).

Протяженность сервис-периода в хозяйстве 2 была больше, чем в хозяйстве 1. Статистическая разница по этому показателю между сверстницами, несущими в локусе гена LEP гомозиготный аллель CC, составила 32,1 дня (23,1 %; p<0,01), а с генотипом TT – 51,5 дня (34,6 %; p<0,001). Межотельный период в хозяйстве 2 был также продолжительнее, чем в хозяйстве 1, у первотелок с генотипом TT на 23,5 дня (5,9 %; p<0,05). Сухостойный период коров в хозяйстве с беспривязным содержанием по сравнению с коровами, содержащимися в стойлах, был короче в группах особей с генотипом CC на 11 дней (19,3 %; p<0,001), с генотипом TC – на 10,3 дня (10,3 %; p<0,001), а с генотипом TT – на 9,9 дня (16,7 %; p<0,01).

Коэффициент воспроизводительной способности стада в хозяйстве 1 достоверно выше, чем в хозяйстве 2, на 0,06 (6,2 %; p<0,05) у животных с генотипом TT гена LEP.

Коровы в хозяйстве 1 характеризуются сравнительно высоким индексом Дохи (48,2–50,0) относительно особей в хозяйстве 2 (47,6–48,6). Статистически значимое различие по этому признаку между животными с генотипом TT составило 2,4 (4,8 %; p<0,05). Показатель выхода живых телят на 100 голов коров, полученный расчетным методом, превосходил в поголовье животных хозяйства 1 по всем группам, имеющих разные генотипы гена LEP. Среди первотелок с генотипом CC разница по выходу телят зафиксирована на уровне 11,3 гол. (12,5 %; p<0,01), а с генотипом TT – 17,4 гол. (18,6 %; p<0,001).

Заключение. ДНК-тестирование голштинского скота отечественной и зарубежной селекции с разными технологиями содержания выявило, что обе популяции полиморфны по гену лептин и представлены тремя генотипами, что свидетельствует о генетическом биоразнообразии.

Анализ данных воспроизводительных качеств первотелок зарубежной селекции показал, что животные с генотипом TT гена LEP в целом отличаются лучшими показателями фертильности по сравнению со сверстницами, имеющими генотипы CC и TC.

Результаты, полученные в ходе изучения первотелок отечественной селекции, свидетельствуют о превосходстве животных с генотипом TC по показателям живой массы, сервис-периода и индекса Дохи. По остальным признакам репродуктивной способности выгодно выделяются особи с генотипом CC гена LEP.

Установлено, что коровы-первотелки голштинской породы зарубежной селекции с беспривязной технологией содержания имеют наилучшие показатели воспроизводительных качеств по сравнению с популяцией отечественной селекции стойлового содержания.

Таким образом, генетические и паратипические факторы наряду с такими принципами организации управления стадом, как технология доения и условия содержания в равной степени оказывают влияние на репродуктивные качества голштинского крупного рогатого скота.

Статья подготовлена в рамках государственного задания «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка сберегающих агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды». Номер регистрации: 122011800138-7.

©Гайнутдинова Э. Р., Сафина Н. Ю., Шакиров Ш. К., Фаттахова З. Ф., 2022

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайнутдинова Э. Р., Сафина Н. Ю., Шакиров Ш. К. Воспроизводительные качества голштинского скота с разными генотипами гена глутатионпероксидаза-1 (GPX-1) // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2020. Т. 244 (IV). С. 65–68. DOI 10.31588/2413-4201-1883-244-4-65-68.

2. Гайнутдинова Э. Р., Сафина Н. Ю., Шакиров Ш. К. Совместимость молочной продуктивности и воспроизводительной способности коров-первотелок голштинской породы // Вестник Казанского ГАУ. 2020. № 2(58). С. 5–9. DOI 10.12737/2073-0462-2020-5-9.

3. Термины и определения, используемые в селекции, генетике и воспроизводстве сельскохозяйственных животных / И. М. Дунин [и др.]. М.: ВНИИплем, 1996. 306 с.

4. Воспроизводительная способность коров красно-пестрой породы енисейского типа в зависимости от уровня удоя и способа содержания / Л. В. Ефимова [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2018. № 8. С. 78–87.

5. Меркурьева Е. К., Шангин-Березовский Г. Н. Генетика с основами биометрии. М.: Колос, 1983. 400 с.

6. Совместимость высокой молочной продуктивности и воспроизводительной способности коров-первотелок голштинской породы в разрезе полиморфизма гена лептин (LEP) / Н. Ю. Сафина [и др.] // Ветеринарный врач. 2018. № 6. С. 57–61.

7. Фирсова Э. В., Карташова А. П., Митюков А. С. Взаимосвязь воспроизводительных способностей и молочной продуктивности коров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 48. С. 53–58.

8. Agarwal R., Rout P. K., Singh S. K. Leptin: A biomolecule for enhancing livestock productivity// Indian J. Biotechnol. 2009. No. 8(2). P. 169–176.

9. Molecular markers related to marbling in uruguayan creole cattle / E. Armstrong et al. // Archivos de Zootecnia. 2011. Vol. 60. No. 231. P. 707–716.

10. Effect of Leptin, Pituitary Transcription Factor and Luteinizing Hormone Receptor Genes Polymorphisms on Reproductive Traits and Milk Yield in Holstein Cattle / M. A. Cañizares-Martínez et al. // Brazilian Archives of Biology and Technology, 2021. Vol. b64: e21190643. URL: www.scielo.br/babt.

11. Dechow C. D., Rogers G. W., Clay J. S. Heritability and correlations among body condition score loss, body condition score, production and reproductive performance // Journal of Dairy Science. 2002. No. 85. P. 3062–3070.

12. Finding genes for economically important trait: Brahman cattle puberty / M. R. S. Fortes et al. // Anim Prod Sci. 2012. No. 52. P. 143–150.

13. Genome-wide association studies of female reproduction in tropically adapted beef cattle / R. J. Hawken et al. // J Anim Sci. 2012. No. 90. P. 1398–1410.

14. LEP and SCD polymorphisms are associated with milk somatic cell count, electrical conductivity and pH values in Holstein cows / J. Kiyici Metin et al. // Anim Biotechnol. 2019. P. 1–6. DOI: 10.1080/10495398.2019.1628767.

15. Identification of polymorphism at the STAT5 locus in dairy cows in Tunisia / S. Ouerghi et al. // Journal of new sciences, Sustainable Livestock Management. 2017. No. 1(3). P. 11–14.

16. Effect of leptin gene polymorphism on reproduction and production traits in Sahiwal cattle / V. Pandey et al. // Ruminant Science. 2017. Vol. 6. No. 2. P. 237–242.

17. Evaluation of candidate genotype of leptin gene associated with fertility and production traits in Hardhenu (Bos taurus × Bos indicus) cattle / T. Yadav et al. // Reprod. Dom. Anim. 2020. No. 00. P. 1–8. DOI: 10.1111/rda.13826.

18. An efficient procedure for genotyping single nucleotide polymorphisms / S. Ye et al. // Nucleic Acids Research. 2001. No. 29. 88 p.

REFERENCES

1. Gaynutdinova E. R., Safina N. Yu., Shakirov Sh. K. Reproductive ability in Holstein cattle with different genotypes of glutationpiroxidase-1 gene (GPX-1). *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2020;244(IV):65–68. DOI 10.31588/2413-4201-1883-244-4-65-68. (In Russ.).

2. Gaynutdinova E. R., Safina N. Yu., Shakirov Sh. K. Compatibility of dairy productivity and reproductive capacity of Holstein breed cows. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*.2020;2(58):5–9. DOI 10.12737/2073-0462-2020-5-9. (In Russ.).

3. Terminy i opredelenija, ispol'zuemye v selekcii, genetike i vosproizvodstve sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh / I. M. Dunin et al. M.: VNIIplem; 1996. 306 p. (In Russ.).

4. Zaznobina T. V., Ivanova O. V., Ivanov E. A. Reproductive Capacity of Red-Motley Breed of Yenisei Type Depending on Level of Milk Yield and Housing Methods / L. V. Efimova et al. *Veterinary, Animal Science and Biotechnology*. 2018;(8):78–87. (In Russ.).

5. Merkureva E. K., Shangin-Berezovsky G. N., Genetics with the fundamentals of biometrics, Moskow : Kolos; 1983. 400 p. (In Russ.).

6. Compatibility of high milk production and reproductive ability in Holstein heifers in the context of leptin gene (LEP) polymorphism / N. Yu. Safina et al. *Veterinarian*. 2018;(6):57–61. (In Russ.).

7. Firsova Je. V., Kartashova A. P., Mitjukov A. S. Association of reproductive abilities and dairy productivity of cows. *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*. 2017;3(48):53–58. (In Russ.).

8. Agarwal R., Rout P. K., Singh S. K. Leptin: A biomolecule for enhancing livestock productivity. *Indian J. Biotechnol*. 2009;8(2):169–176.

9. Molecular markers related to marbling in uruguayan creole cattle / E. Armstrong et al. *Archivos de Zootecnia*. 2011;60(231):707–716.

10. Effect of Leptin, Pituitary Transcription Factor and Luteinizing Hormone Receptor Genes Polymorphisms on Reproductive Traits and Milk Yield in Holstein Cattle / M. A. Cañizares-Martínez et al. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2021;b64:e21190643. URL: www.scielo.br/babt.

11. Dechow C. D., Rogers G. W., Clay J. S. Heritability and correlations among body condition score loss, body condition score, production and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*. 2002;(85):3062–3070.

12. Finding genes for economically important trait: Brahman cattle puberty / M. R. S. Fortes et al. *Anim Prod Sci*. 2012;(52):143–150.

13. Genome-wide association studies of female reproduction in tropically adapted beef cattle / R. J. Hawken et al. *J Anim Sci*. 2012; (90):1398–1410.

14. LEP and SCD polymorphisms are associated with milk somatic cell count, electrical conductivity and pH values in Holstein cows / J. Kiyici Metin et al. *Anim Biotechnol*. 2019:1–6. DOI: 10.1080/10495398.2019.1628767.

15. Identification of polymorphism at the STAT5 locus in dairy cows in Tunisia / S. Ouerghi et al. *Journal of new sciences, Sustainable Livestock Management*. 2017;1(3):11–14.

16. Effect of leptin gene polymorphism on reproduction and production traits in Sahiwal cattle / V. Pandey et al. *Ruminant Science*. 2017;6(2):237–242.

17. Evaluation of candidate genotype of leptin gene associated with fertility and production traits in Hardhenu (Bos taurus × Bos indicus) cattle / T. Yadav et al. *Reprod. Dom. Anim*. 2020;(00):1–8. DOI: 10.1111/rda.13826.

18. An efficient procedure for genotyping single nucleotide polymorphisms / S. Ye et al. *Nucleic Acids Research*. 2001;(29):88.

Статья поступила в редакцию 11.04.2022; одобрена после рецензирования 16.09.2022; принята к публикации 03.10.2022.
The article was submitted 11.04.2022; approved after reviewing 16.09.2022; accepted for publication 03.10.2022.

© Гайнутдинова Э. Р., Сафина Н. Ю., Шакиров Ш. К., Фаттахова З. Ф., 2022