



ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Обзорная статья/Review Article

УДК 636.2.034

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-146-153

Наталья Александровна Худякова^{1✉}, Ирина Сергеевна Кожевникова²,

Марина Александровна Кудрина³, Александра Олеговна Ступина⁴,

Инга Андреевна Классен⁵, Екатерина Николаевна Щипакова⁶

^{1,2,3,4,5,6}ФИЦ комплексного изучения Арктики имени акад. Н.П. Лаврова Уральского отделения РАН, Архангельск, Россия

^{1,2,3,4,5,6}labinnovrazv@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ГЕНА ЛЕПТИНА НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Цель исследования – изучение, систематизация и обобщение имеющихся научных данных о влиянии гена лептина на продолжительность хозяйственного использования крупного рогатого скота за последние десять лет. В данной статье представлены результаты научных исследований о влиянии полиморфизмов A80V, Y7F и R25C на продолжительность использования животных в сельском хозяйстве. Полиморфизмы R25C и Y7F встречаются во втором, а A80V – в третьем экзоне гена лептина. Исследования связывают сайт R25C с белкомолочностью, жиромолочностью, легкостью отелов и продолжительностью стельности. Генотип CC связан с большим риском выбраковки у коров. Сайт Y7F связан с жизнеспособностью животных, а генотип FF имеет более высокий риск выбраковки. Сайт LEP-A80V влияет на продолжительность хозяйственного использования животных и уровень рентабельности. Коровы с генотипом VV имеют более высокий риск выбраковки, чем коровы с генотипом AA. Оценку влияния гена лептина необходимо проводить комплексно по всем локусам, а не только по одному. Оценка совместного действия гена по трем локусам позволяет осуществлять более тонкий анализ потенциала животного. Исследования показывают, что генотип YY преобладает на сайте Y7F, а генотипы с аллелем F вымываются из популяции. Чаще всего в отечественных хозяйствах встречается гетерозиготный генотип сайта R25C, но генотип RR положительно влияет на долгожительство животных. Генотипы AA и AV чаще встречаются на сайте A80V, частота встречаемости неблагоприятного генотипа VV ниже. Таким образом, изучение влияния полиморфизмов гена лептина на хозяйственное использование крупного рогатого скота является важным направлением научных исследований в сельском хозяйстве. Результаты исследований позволяют прогнозировать продолжительность использования животных и повышать рентабельность сельскохозяйственных предприятий.

Ключевые слова: долгожительство, LEP, крупный рогатый скот, полиморфизм, ген, генотип, A80V, Y7F, R25C

Для цитирования: Влияние гена лептина на продолжительность хозяйственного использования крупного рогатого скота / Н.А. Худякова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 12. С. 146–153. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-146-153.

Благодарности: грант Министерства экономического развития Архангельской области «Генотипирование крупного рогатого скота холмогорской породы и лошадей мезенской породы, разводимых в хозяйствах Архангельской области на носительство гена отвечающего за продолжительность хозяйственного использования» Соглашение №10 от 21.04.2023.

Natalia Alexandrovna Khudyakova^{1✉}, **Irina Sergeevna Kozhevnikova**²,
Marina Aleksandrovna Kudrina³, **Alexandra Olegovna Stupina**⁴, **Inga Andreyevna Klassen**⁵,
Ekaterina Nikolayevna Shchipakova⁶

^{1,2,3,4,5,6}FRC for Integrated Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov Ural Branch of the RAS, Arkhangelsk, Russia

^{1,2,3,4,5,6}labinnovrazv@yandex.ru

THE LEPTIN GENE EFFECT ON THE CATTLE ECONOMIC USE DURATION

The purpose of research is to study, systematize and summarize the available scientific data on the effect of the leptin gene on the duration of economic use of cattle over the past ten years. This paper presents the results of scientific research on the effect of polymorphisms A80V, Y7F and R25C on the duration of use of animals in agriculture. Polymorphisms R25C and Y7F occur in the second, and A80V – in the third exon of the leptin gene. Research has linked the R25C site to milk protein content, milk fat content, calving ease, and pregnancy duration. The CC genotype is associated with a greater risk of culling in cows. The Y7F site is associated with animal viability, and the FF genotype has a higher risk of culling. The LEP-A80V site affects the duration of animal management and the level of profitability. Cows with the VV genotype have a higher risk of culling than cows with the AA genotype. Assessment of the influence of the leptin gene must be carried out comprehensively across all loci, and not just one. Assessing the combined effect of a gene at three loci allows for a more refined analysis of the animal's potential. Studies show that the YY genotype predominates at the Y7F site, and genotypes with the F allele are washed out of the population. Most often in domestic farms, the heterozygous genotype of the R25C site is found, but the RR genotype has a positive effect on the longevity of animals. Genotypes AA and AV are more common on the A80V site, the frequency of occurrence of the unfavorable genotype VV is lower. Thus, studying the effect of leptin gene polymorphisms on the economic use of cattle is an important area of scientific research in agriculture. Research results make it possible to predict the duration of use of animals and increase the profitability of agricultural enterprises.

Keywords: longevity, LEP, cattle, polymorphism, gene, genotype, A80V, Y7F, R25C

For citation: The leptin gene effect on the cattle economic use duration / N.A. Khudyakova [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(12): 146–153. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-146-153.

Acknowledgments: grant from the Ministry of Economic Development of the Arkhangelsk Region “Genotyping of Kholmogory cattle and Mezen breed horses bred on farms in the Arkhangelsk Region for carriage of the gene responsible for the duration of economic use” Agreement № 10 dated 04/21/2023.

Введение. Интенсивное использование молочного скота приводит к значительному сокращению его продуктивного долголетия, так как повышенная эксплуатация стада способствует быстрому истощению животных. Обычно сельские хозяйства используют коров только на протяжении 2–3 лактаций, что ограничивает возможности по качественной оценке племенных характеристик скота и реализации продуктивной селекционно-племенной работы как на уровне конкретного стада, так и в рамках всей популяции, и мешает накоплению желательных генетических материалов [1].

В настоящее время высокопродуктивные коровы с продолжительным сроком использования являются неотъемлемой частью современного животноводства [2]. Однако достижение таких результатов стало возможным благодаря генетическому отбору и улучшению генетических характеристик, таких как продуктивное долголетие [3]. Несмотря на это, наследуемость данного показателя все еще низка, а причины его изменения могут быть многочисленными и иметь как генетический, так и паратипический характер [4].

Исследования генетических маркеров молочной и мясной продуктивности крупного рогатого скота показали, что аллели генов лептина (LEP) и соматотропина (GH) могут являться потенциальными маркерами продуктивного долголетия. Лептин, по мнению ученых, может выполнять роль ключевой сигнальной молекулы, связывающей питание с репродуктивной функцией. Кроме того, известно о влиянии гена лептина на продуктивное долголетие крупного рогатого скота.

Таким образом, использование генетических маркеров может стать одним из инструментов улучшения продуктивного долголетия крупного рогатого скота, что, в свою очередь, позволит улучшить результаты современного животноводства.

Существование гена лептина и его влияние на выживаемость коров является одним из ключевых факторов, влияющих на продолжительность их использования в молочной промышленности. При этом истинное долголетие животного не только определяется генотипом, передаваемым предками, но и зависит от качества кормления и условий содержания. Поэтому важно различать функциональное и истинное долголетие, учитывая дополнительные факторы, которые могут повлиять на продолжительность продуктивного использования коров. Проведение селекционных мероприятий с учетом полиморфизма гена лептина поможет увеличить количество животных в стаде с высоким сроком использования.

Цель исследования – анализ существующих научных данных о влиянии гена лептина на продолжительность использования коров в хозяйстве за последние десять лет.

Задачи: провести работу с научными базами данных (Elibrary, Google Scholar, ScienceDirect, National Center for Biotechnology Information); отобрать источники за последние 10 лет, включающие данные о гене лептине и продолжительности хозяйственного использования крупного рогатого скота; рассмотреть, обобщить и проанализировать полученные данные.

Материалы и методы. В данной работе были рассмотрены научные исследования в области селекции крупного рогатого скота с использованием генетических маркеров для улучшения продуктивного долголетия. Поиск

литературы был проведен с использованием таких научных электронных библиотек и поисковых систем, как Elibrary, Google Scholar, ScienceDirect, National Center for Biotechnology Information, Scopus и Web of Science. Ключевые слова, по которым выполнялись поисковые запросы, включали в себя лептин, продуктивное долголетие и крупный рогатый скот. Все исследования были проанализированы с целью выявления наиболее эффективных методов и стратегий для повышения продуктивного долголетия крупного рогатого скота.

Результаты и их обсуждение. Лептин является белком, который синтезируется клетками, составляющими жировую ткань, играющим важную роль в энергетическом обмене и регуляции нейроэндокринных процессов в организме. Лептин выполняет множество задач и функций, так, например, для жизнедеятельности организма он увеличивает энергозатраты и синтез макроэргических молекул. В метаболических процессах участвует в накоплении жира в организме [5].

Лептин информирует гипоталамус о массе тела и жировом обмене. В головном мозге имеются участки, отвечающие за контроль аппетита, к этим участкам направлены импульсы от гипоталамуса, вызванные воздействием лептина на его рецепторы. Лептин стимулирует симпатическую нервную систему, что приводит к повышению артериального давления, частоты сердечных сокращений и процессов производства тепла в организме. Это происходит путем разобщения процессов окисления и фосфорилирования в митохондриях белой жировой ткани. В результате этих процессов производится большое количество энергии, которое впоследствии запасается в жировой ткани в виде липидов и может быть преобразовано в тепло. Лептин часто называют гормоном насыщения, потому что он действует на гипоталамус, блокируя синтез и высвобождение нейропептида Y, вызывающего чувство голода [2].

Лептин является ключевым фактором в обеспечении правильной работы иммунитета и половой системы, а также оказывает влияние на рост и конституцию животных. Но наиболее интересно то, что лептин является одним из важнейших факторов, влияющих на количественные и качественные показатели молока

сельскохозяйственных животных. Он не только определяет содержание белка и жира в молоке, но и прямо влияет на стероидогенез яичников и долголетие крупного рогатого скота. Именно поэтому лептин считается важным показателем для селекции молочного скота и его значение не переоценить в производстве продуктов животноводства [5–7].

Ген лептина у крупного рогатого скота имеет примерно 60 SNP полиморфизмов, расположенных в 4-й хромосоме. Среди разных однонуклеотидных полиморфизмов гена лептина заинтересованность вызывают A80V, Y7F и R25C. Полиморфизмы R25C и Y7F встречаются во втором, а A80V – в третьем экзоне LEP-гена. Сайт Y7F A→T в позиции 95689996 п. н., сайт A80V C→T в позиции 95691973 п. н. гена LEP, сайт R25C T→C в позиции 95690050 п.н. LEP [8–10].

Эти полиморфизмы могут влиять на проявление физиологических характеристик, связанных с лептином, таких как масса тела, содержание жира в организме, продуктивность молочного скота и долголетие. Исследования показывают, что полиморфизмы лептина могут быть полезны для селекции сельскохозяйственных животных с целью повышения их продуктивности и долголетия [6, 7].

Таким образом, лептин является важным белком, который выполняет множество функций в организме животных и человека. Он регулирует энергетический обмен, влияет на пищевое поведение, функционирование иммунной и репродуктивной систем, рост и конституцию животных. Полиморфизмы гена лептина могут влиять на проявление этих характеристик, что делает его интересным объектом для исследований в области селекции сельскохозяйственных животных и биомедицины.

Сайт R25C, желательным генотипом которого является RR. Значимость генотипа RR сайта R25C проявляется как в его связи с содержанием жира и белка в молоке, легкостью отелов и продолжительностью стельности, так и в его влиянии на продолжительность функционального использования коров. С другой стороны, коровы с генотипом CC имеют больший риск выбраковки (в 3,14 раза) в сравнении с иными гетерозиготными генотипами.

Любопытно, что в ряде научных работ носители генотипа RCSNP R25C имеют более низкий уровень удоя, общего жира и белка. Также в популяции коров со временем частота встречаемости генотипа RR увеличивается благодаря их длительному периоду жизни [6, 11].

Однако пониженный показатель индекса «устойчивости дочерей к кетозу» имеет группа быков-производителей с гомозиготным генотипом по аллелю C, что может свидетельствовать, что данный генотип может являться генетическим фактором риска развития кетоза у крупного рогатого скота [10, 12]. Стоит заметить, что некоторые исследования не подтверждают взаимосвязи лептина с риском развития кетоза [13].

Таким образом, генотип сайта R25C является важным фактором для улучшения качества животноводства и достижения более длительного периода жизни и продуктивности коров.

Сайт Y7F с желательным генотипом YY. Ряд исследований указывают, что животные с генотипом FF имеют в 3,64 раза больший риск выбраковки, чем животные с генотипом YY, это может свидетельствовать о низкой жизнеспособности данных особей [3, 9, 10].

Е.В. Мачульская с соавт. в своем исследовании отметили взаимную связь локуса Y7F с количеством дней до 1-го осеменения, кратность осеменения и количество дойных дней [11].

Голштинскую породу изучали Е.В. Мачульская, Н.В. Ковалюк и Ю.Ю. Шахназарова, они выявили почти полное отсутствие полиморфизма SNPLEP/Y7 [14]. Подобную закономерность обнаружили Н.В. Ковалюк и Е.А. Гырнец у айширской породы. В своей работе авторы поясняют снижение жизнеспособности коров вымыванием из популяции животных с генотипом LEP FF [15]. Также Н.В. Ковалюк с соавт. подтвердили низкую частоту встречаемости гетерозиготного генотипа (1 %) [8]. Следовательно, доминирующим генотипом в данном SNP является YY, оказывающий положительное воздействие на продолжительность хозяйственного использования.

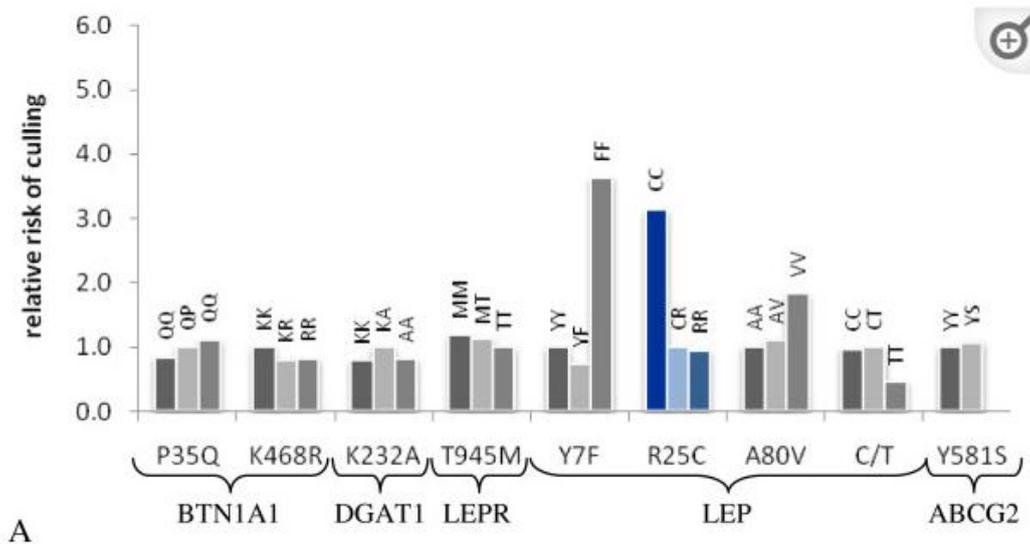
Сайт A80V, желательным генотипом которого является AA. Огромное влияние на продолжительность хозяйственного использования и уровень рентабельности крупного рогатого скота оказывает полиморфизм LEP-A80V. Так, например, животные с генотипом VV имеют бо-

лее высокий риск выбраковки в сравнении с генотипом AA – в 1,83 раза [4, 16]. Однако в исследовании Н.В. Ковалюк наблюдается низкая частота встречаемости гомозигот по аллелю V (9–13 %) при высокой частоте гетерозиготных (39–44 %) и гомозиготных животных по аллелю A. Также ими установлена закономерность о сцепленном наследовании генотипа VV с генотипом CC [8].

Е.В. Мачульская с соавт. также показывает, что у носителя гетерозиготного варианта гена наблюдается низкий уровень уdoa, жира и белка [11].

Существуют исследования, подтверждающие влияние полиморфизма гена лептина SNPA80V на рост и живую массу КРС, в которых генотип AA имеет преимущество перед генотипом VV, тогда как гетерозиготный генотип не показывает худшие характеристики [15].

Из нижеприведенного рисунка видно, что при комплексном исследовании различных генотипов максимальный риск выбраковки имеют животные с генотипом FF сайта Y7F и CC сайта R25C, которые отвечают за низкую жизнеспособность коров.



Относительный риск выбраковки для различных генотипов. Модель Вейбулла для функционального долголетия [4]

Для оценки влияния гена лептина на крупный рогатый скот необходимо рассматривать комплексно разные генотипы локусов LEP. Это позволяет провести наиболее точный анализ потенциала животных.

Генотипы лептина связаны согласно принципу комбинаций «сильный» плюс «слабый» и «слабый» плюс «сильный» в контексте функционального долголетия (генотип CC хуже RR, а FF хуже YY). К такому выводу пришли Н.В. Ковалюк и Е.А. Гырнец в своей работе [15].

Так, чаще всего у коров встречаются генотипы AA SNP A80V, YY SNP Y7F и RC SNP R25C, данные подтверждаются большим количеством исследований. Например, в своем исследовании Н.В. Ковалюк изучала коров айширской породы крупного рогатого скота двух групп – 1–3-й лактации и 5–9-й лактации. SNP R25C у первой и второй групп частота встречаемости генотипа

RC превышает остальные генотипы (0,53 и 0,49 соответственно). SNP Y7F показало следующее распределение генотипа YY: 0,61 у коров 1–3-й лактации и 0,51 у коров 5–9-й лактации. SNP A80V частота встречаемости генотипа AA (0,98 и 0,96 у первых и вторых групп соответственно) сильно превысил частоту генотипов AV, VV [16].

Е.В. Мачульская с соавт. исследовали телок и коров 4–7-й лактации. В своей статье авторы выявили следующие частоты встречаемости: в SNP R25C наивысшую частоту встречаемости у телок и коров имеет генотип RC (0,48 и 0,55 соответственно). В SNP Y7F генотип YY сильно превышает частоты встречаемости генотипов YF и FF и составляет 0,92 у телок и 0,72 у коров 4–7 лактации. В SNP A80V преобладает генотип AA, у телок 0,50 и у коров 0,55 [17].

П.О. Щеголев с соавт. в своей статье представили результаты исследования трех пород

коров: костромской, черно-пестрой и ярославской. В костромской и черно-пестрой породах распределение генотипов совпало с двумя предыдущими исследованиями. Авторы выявили иное распределение генотипов в ярославской породе. В SNP R25C преобладает генотип RR, в SNP Y7F – генотип YY, в SNP A80V – генотип AV [18].

Н.В. Ковалюк с соавт. в своей статье изучали голштинизированных коров черно-пестрой породы, сайты R25C, Y7F, A80V имели следующие преобладающие генотипы: CC, YY, AV [9].

Л.В. Кононова с соавт. исследовали красную степную и швицкую породы. На сайте R25C у обеих пород частота встречаемости генотипа CC (0,65 и 0,75) превышает частоту остальных генотипов, на сайте Y7F – YY (0,90 и 0,60), на сайте A80V у красной степной преобладает генотип VV (0,60), а у швицкой – AA (0,60) [3].

Исходя из проанализированных исследований, можно сказать, что в SNP Y7F преобладающий генотип YY, а генотипы с аллелем F вымываются из популяции животных. Также в отечественных хозяйствах чаще всего встречается гетерозиготный генотип SNP R25C, однако генотипом, положительно влияющим на долголетие сельскохозяйственных животных, является генотип RR. На сайте A80V в исследованиях генотипы AA и AV превышают частоту встречаемости неблагоприятного генотипа VV.

Заключение. Таким образом, можно отметить, что лептин является интересным ДНК-маркером для селекции молочного скота, так как он отвечает не только за показатели молочной продуктивности, но и имеет прямую связь с продуктивным долголетием животных. Результаты научных исследований показывают, что определенные аллельные варианты гена лептина могут быть связаны с более высокими показателями продуктивности и долголетия у животных, а также частота встречаемости этих аллелей может различаться у разных пород крупного рогатого скота.

Список источников

1. Гридин В.Ф., Гридина С.Л., Лешонок О.И. Выращивание ремонтного молодняка – залог высокой продуктивности коров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2016. № 3. С. 7–11.
2. Влияние аллелей, связанных с высоким удоем, на молочную продуктивность стада / В.Ф. Гридин [и др.] // Актуальные проблемы растениеводства, животноводства и ветеринарной медицины. Биологические, ветеринарные, сельскохозяйственные, зоотехнические, экологические науки: сб. мат-лов междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2017. С. 100–103.
3. Кононова Л.В., Шарко Г.Н., Мачульская Е.В. Сравнительный полиморфизм локуса лептина в популяциях крупного рогатого скота красной степной и швицкой пород // Эффективное животноводство. 2018. № 5 (144). С. 52–54.
4. Szyda J., Morek-Kopec M., Komisarek J., Zarnacki A. Evaluation markers in selected genes for association with functional longevity of dairy cattle // BMC Genetics. 2011. № 30. P. 1–7.
5. Ярышкин А.А. Соматотропин и лептин и их связь с хозяйственно-полезными признаками крупного рогатого скота // Эколого-биологические проблемы использования природных ресурсов в сельском хозяйстве: сб. мат-лов IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. Екатеринбург, 2018. С. 317–322.
6. Влияние полиморфизма локусов R25C и Y7F гена лептина на длительность периода хозяйственного использования крупного рогатого скота айрширской породы / Н.В. Ковалюк [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 5. С. 39–40.
7. Сычева О.В., Кононова Л.В. Генетические маркеры в молочном скотоводстве // Аграрно-пищевые инновации. 2018. № 11. С. 27–31.
8. Использование полиморфизма локуса LEP в селекции чернопестрого скота / Н.В. Ковалюк [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 3. С. 14–16.
9. Использование полиморфизма локуса лептина в селекции крупного рогатого скота айрширской породы / Н.В. Ковалюк [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 6. С. 13–15.
10. Связь полиморфизма гена лептина (LEP) с хозяйственно полезными признаками крупного рогатого скота / П.О. Щеголев [и др.] // Аграрный вестник Нечерноземья. 2021. № 1 (1). С. 25–32.

11. Связь генотипов Lер с племенной ценностью по показателям молочной продуктивности / *Е.В. Мачульская* [и др.] // Сборник научных трудов СКНИИЖ. 2017. № 1. С. 82–88.
12. Связь полиморфизмов R25C и A80V гена лептина быков-производителей с оценкой их дочерей на предрасположенность к возникновению кетоза / *Л.И. Якушева* [и др.] // Сборник научных трудов СКНИИЖ. 2019. № 3. С. 24–27.
13. Связь полиморфизмов гена лептина с предрасположенностью крупного рогатого скота к кетозу / *Н.В. Ковалюк* [и др.] // Генетика и разведение животных. 2020. № 3. С. 20–26.
14. *Мачульская Е.В., Ковалюк Н.В., Шахназарова Ю.Ю.* Изучение частот встречаемости генотипов по локусу Lер у быков-производителей европейской и североамериканской селекции // Сб. науч. тр. СКНИИЖ. 2016. № 3. С. 1–5.
15. *Ковалюк Н.В., Гырнец Е.А.* Полиморфизм аллелей гена Lер как генетический маркер функционального долголетия крупного рогатого скота айрширской породы // Universum: химия и биология. 2016. № 6 (24). С. 1–6.
16. *Яковлев А.Ф., Дементьева Н.В., Терлецкий В.П.* Связь молекулярно-генетических маркеров с продолжительностью использования молочных коров // Генетика и разведение животных. 2014. № 4. С. 3–7.
17. Породные особенности полиморфизма гена LEP у крупного рогатого скота голштинской породы / *Е.В. Мачульская* [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 3. С. 33–35.
18. Распределение генотипов различных локусов гена лептина в заводских линиях молочного скота Костромской области / *П.О. Щеголев* [и др.] // Научное обеспечение животноводства Сибири: мат-лы VI Междунар. науч.-практ. конф. Красноярск, 2022. С. 368–373.
1. *Gridin V.F., Gridina S.L., Leshonok O.I.* Vyrashchivanie remontnogo molodnyaka – zalog vysokoy produktivnosti korov // Kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo. 2016. № 3. S. 7–11.
2. Vliyanie allelej, svyazannyh s vysokim udoem, na molochnyuyu produktivnost' stada / *V.F. Gridin* [i dr.] // Aktual'nye problemy rastenievodstva, zhivotnovodstva i veterinarnoj mediciny. Biologicheskie, veterinarnye, sel'skohozyajstvennye, zootehnicheskie, `ekologicheskie nauki: sb. mat-lov mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ekaterinburg, 2017. S. 100–103.
3. *Kononova L.V., Sharko G.N., Machul'skaya E.V.* Sravnitel'nyj polimorfizm lokusa leptina v populyacijah krupnogo rogatogo skota krasnoj stepnoj i shvickoj porod // `Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2018. № 5 (144). С. 52–54.
4. *Szyda J., Morek-Kopec M., Komisarek J., Zarnecki A.* Evaluation markers in selected genes for association with functional longevity of dairy cattle // BMC Genetics. 2011. № 30. P. 1–7.
5. *Yaryshkin A.A.* Somatotropin i leptin i ih svyaz' s hozyajstvenno-poleznymi priznakami krupnogo rogatogo skota // `Ekologo-biologicheskie problemy ispol'zovaniya prirodnyh resursov v sel'skom hozyajstve: sb. mat-lov IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh i specialistov. Ekaterinburg, 2018. S. 317–322.
6. Vliyanie polimorfizma lokusov R25C i Y7F gena leptina na dlitel'nost' perioda hozyajstvennogo ispol'zovaniya krupnogo rogatogo skota ajrshirskoj porod / *N.V. Kovalyuk* [i dr.] // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2017. № 5. S. 39–40.
7. *Sycheva O.V., Kononova L.V.* Geneticheskie markery v molochnom skotovodstve // Agrarno-pischevye innovacii. 2018. № 11. S. 27–31.
8. Ispol'zovanie polimorfizma lokusa LEP v selekcii chernopestrogo skota / *N.V. Kovalyuk* [i dr.] // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2017. № 3. S. 14–16.
9. Ispol'zovanie polimorfizma lokusa leptina v selekcii krupnogo rogatogo skota ajrshirskoj porod / *N.V. Kovalyuk* [i dr.] // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2014. № 6. S. 13–15.
10. Svyaz' polimorfizma gena leptina (LEP) s hozyajstvenno poleznymi priznakami krupnogo rogatogo skota / *P.O. Schegolev* [i dr.] // Agrarnyj vestnik Nechernozem'ya. 2021. № 1 (1). S. 25–32.

References

1. *Gridin V.F., Gridina S.L., Leshonok O.I.* Vyrashchivanie remontnogo molodnyaka – zalog vysokoy produktivnosti korov // Kormlenie

11. Svyaz' genotipov Lep s plemennoj cennost'yu po pokazatelyam molochnoj produktivnosti / *E.V. Machul'skaya* [i dr.] // Sbornik nauchnyh trudov SKNIIZh. 2017. № 1. S. 82–88.
12. Svyaz' polimorfizmov R25C i A80V gena leptina bykov-proizvoditelej s ocenкой ih docherej na predispozozhennost' k voznikoveniyu ketoza / *L.I. Yakusheva* [i dr.] // Sbornik nauchnyh trudov SKNIIZh. 2019. № 3. S. 24–27.
13. Svyaz' polimorfizmov gena leptina s predispozozhennost'yu krupnogo rogatogo skota k ketozu / *N.V. Kovalyuk* [i dr.] // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2020. № 3. S. 20–26.
14. *Machul'skaya E.V., Kovalyuk N.V., Shahnazarova Yu.Yu.* Izuchenie chastot vstrechaemosti genotipov po lokusu Lep u bykov-proizvoditelej evropejskoj i severo-amerikanskoj selekcii // Sb. nauch. tr. SKNIIZh. 2016. № 3. S. 1–5.
15. *Kovalyuk N.V., Gyrmec E.A.* Polimorfizm allelej gena Lep kak geneticheskij marker funkcionalnogo dolgoletiya krupnogo rogatogo skota ajrshirskoj porody // *Universum: himiya i biologiya*. 2016. № 6 (24). S. 1–6.
16. *Yakovlev A.F., Dement'eva N.V., Terleckij V.P.* Svyaz' molekulyarno-geneticheskikh markerov s prodolzhitel'nost'yu ispol'zovaniya molochnyh korov // *Genetika i razvedenie zhivotnyh*. 2014. № 4. S. 3–7.
17. Porodnye osobennosti polimorfizma gena LEP u krupnogo rogatogo skota golshtinskoj porody / *E.V. Machul'skaya* [i dr.] // *Rossiyskaya sel'skohozyajstvennaya nauka*. 2017. № 3. S. 33–35.
18. Raspredelenie genotipov razlichnyh lokusov gena leptina v zavodskih liniyah molochnogo skota Kostromskoj oblasti / *P.O. Schegolev* [i dr.] // *Nauchnoe obespechenie zhivotnovodstva Sibiri: mat-ly VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Krasnoyarsk, 2022*. S. 368–373.

Статья принята к публикации 07.08.2023 / The article accepted for publication 07.08.2023.

Информация об авторах:

Наталья Александровна Худякова¹, научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук
Ирина Сергеевна Кожевникова², заведующая лабораторией, кандидат биологических наук
Марина Александровна Кудрина³, младший научный сотрудник
Александра Олеговна Ступина⁴, младший научный сотрудник
Инга Андреевна Классен⁵, младший научный сотрудник
Екатерина Николаевна Щипакова⁶, младший научный сотрудник

Information about the authors:

Natalia Alexandrovna Khudyakova¹, Researcher, Candidate of Agricultural Sciences
Irina Sergeevna Kozhevnikova², Head of Laboratory, Candidate of Biological Sciences
Marina Aleksandrovna Kudrina³, Junior Researcher
Alexandra Olegovna Stupina⁴, Junior Researcher
Inga Andreyevna Klassen⁵, Junior Researcher
Ekaterina Nikolayevna Shchipakova⁶, Junior Researcher

