

УСТАНОВЛЕНИЕ СВЯЗИ ГЕНОТИПОВ ГЕНА MBL1 С ЧАСТОТОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ МАСТИТОМ У КОРОВ ХОЛМОГОРСКОЙ ПОРОДЫ*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Алена Андреевна Кондакова¹, младший научный сотрудник
Наталья Александровна Худякова¹, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник
Артем Борисович Кирьянов², канд. биол. наук, ассистент кафедры
Ирина Сергеевна Кожевникова^{1,2,3}, канд. биол. наук, старший научный сотрудник
E-mail: kogechnikovais@yandex.ru

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаврова РАН, г. Архангельск

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск

³Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

Решение проблемы высокой заболеваемости маститами у коров имеет критически важное значение для сельского хозяйства Российской Федерации, поскольку напрямую влияет на продовольственную безопасность, экономическую эффективность агропромышленного комплекса и ветеринарное благополучие молочного животноводства. Холмогорская порода – одна из старейших отечественных молочных пород. Эти животные хорошо приспособлены к суровому климату, неприхотливы в кормлении, обладают крепким телосложением и служат объектом для маркер-опосредованной селекции. Проведено исследование заболеваемости маститом коров холмогорской породы в одном из сельскохозяйственных племпредприятий Архангельской области. Изучена частота встречаемости генотипов лектина (MBL1), соотнесена заболеваемость маститом у животных и носительство генотипов MBL1. Аллель MBL1^C гена лектина доминирует в исследуемой выборке крупного рогатого скота, частота его встречаемости равна 54,1 %, аллеля MBL1^T – 45,9 %. Из 524 животных 349 голов за весь период наблюдения заболело маститом один и более раз, что составило 66,6 % от исследуемого поголовья. Самая высокая заболеваемость маститом среди животных с исследуемыми генотипами MBL1 наблюдалась в группе животных с генотипом MBL1^{TT} – 72,4 % (76 из 105 голов). Всего за период наблюдения в хозяйстве было зарегистрировано 1197 случаев заболевания маститом у коров. Самое большое количество случаев заболевания маститом зарегистрировано у животных с генотипом MBL1^{TC} – 628, что составляет 52,5 % от общего числа случаев заболевания маститом всей исследуемой выборки. Среднее количество случаев заболевания маститом у коров с различными генотипами MBL1 растет от первой к третьей и более лактации. Ген маннозосвязывающего лектина требует дальнейшего изучения и может служить геном-маркером устойчивости коров к заболеваниям вымени. Кроме того, применение данного исследования на практике обеспечит составление надежного и своевременного эпизоотологического прогноза стада.

Ключевые слова: маннозо-связывающий лектин, крупный рогатый скот, холмогорская порода, мастит, заболеваемость

Для цитирования: Установление связи генотипов гена MBL1 с частотой заболеваемости маститом у коров холмогорской породы / А. А. Кондакова, Н. А. Худякова, А. Б. Кирьянов, И. С. Кожевникова // Молочная промышленность. 2026. № 2. С. 94–99. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2026-2-83>

ВВЕДЕНИЕ

Для сельскохозяйственной науки и практики большое значение имеет решение проблемы лечения различных форм заболевания молочной железы, в первую очередь мастита. Мастит – это полиэтиологическое заболевание молочной железы, отрицательно сказывающееся на качестве производимого молока [1]. Основной причиной возникновения мастита являются микроорганизмы (бактерии, грибы, вирусы), однако в стадах молочного скота наблюдается неодинаковая восприимчивость животных к данным патогенам, что связано с индивидуальными генетическими

особенностями животных [2]. Особую актуальность имеют исследования генов-маркеров устойчивости крупного рогатого скота к маститу. Среди таких генов иммунного ответа выделяют ген маннозо-связывающего лектина (MBL1), который локализован у крупного рогатого скота на 26 хромосоме и состоит из 3 интронов и 4 экзонов и кодирует 249 аминокислот [3].

Маннозосвязывающий лектин (MBL) – кальцийзависимый коллагеновый белок, участвующий в активации системы комплемента через лектиновые пути. Он синтезируется в клетках печени и секретруется

*Статья подготовлена в рамках выполнения темы государственного задания ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН «Молекулярно-генетическая оценка сельскохозяйственных животных по селекционным и хозяйственно-полезным признакам в условиях арктических и субарктических территорий РФ» (FUUW-2024-0006).

в кровотока в виде высокомолекулярных мультимерных комплексов [3–5]. Способность к образованию таких комплексов генетически обусловлена и повышает активность данного белка в отношении связывания полисахаридов бактерий и активации комплемента. MBL распознает углеводные структуры на патогенных микроорганизмах, а также на опухолевых клетках. После связывания с мишенями белок запускает активацию комплемента лектиновым путем, опсонофагоцитоз, модуляцию воспаления и распознавание измененных собственных структур, а также продуцирование цитокинов на уровне мРНК [6, 7]. Маннозосвязывающий лектин также играет роль во врожденном иммунитете [8]. Таким образом, перспективным направлением исследований для нас представляется изучение ассоциации генотипов MBL1 со случаями заболеваемости маститом у крупного рогатого скота холмогорской породы.

Цель исследования – изучение частоты заболеваемости маститом у коров холмогорской породы с различными генотипами MBL1.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследований и оценки по гену-кандидату устойчивости коров к маститам нами собраны и обработаны данные по частоте заболеваемости маститом коров холмогорской породы, принадлежащих АО «Холмогорский племязавод» (с. Холмогоры, Архангельская область). Всего в исследуемую выборку вошло 524 головы крупного рогатого скота холмогорской породы, которые входили в основное стадо с 2018 г. и продолжали лактировать на момент исследования. Из выборки исключались коровы-первотелки с незаконченной на момент проведения исследования лактацией.

Анализ заболеваемости коров проводился на основании данных ветеринарной службы хозяйства из журналов регистрации больных животных (форма №1-вет), в которых зафиксированы первичные данные о каждом заболевшем животном (кличка, инвентарный номер, дата заболевания, диагноз, лечение, длительность болезни), сведений о периоде лактации и возрасте, осуществлялся с использованием программы «Селекс».

Исследование ДНК проводили на базе лаборатории инновационных технологий в АПК Федерального

исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения наук (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН).

В качестве биологического материала для выделения ДНК исследовали кровь, отобранную из яремной вены в вакуумные пробирки с ЭДТА К3. ДНК выделяли из цельной крови животных с помощью набора реагентов для экстракции ДНК / РНК из биологического материала и продуктов питания животного происхождения «МагноПрайм ВЕТ» («НекстБио», Россия).

Для определения полиморфизма гена MBL1 применяли метод ПЦР-ПДРФ с последующим рестрикционным анализом. Для амплификации целевого фрагмента гена MBL1 размером 255 п. н. использовали специфические праймеры: прямой 5'-GTGGTGGCAAATGTTGGCTAAAC-3'; обратный 5'-TGGCTCTCCCTTTTCTCCCTT-3' [9].

ПЦР выполняли в термоциклере по следующему протоколу: предварительная денатурация при 94 °С в течение 5 мин (1 цикл); 35 циклов амплификации, включающих денатурацию при 94 °С (30 с), отжиг при 63,5 °С (30 с) и элонгацию при 72 °С (30 с); финальная элонгация при 72 °С в течение 8 мин (1 цикл).

Полученные ПЦР-продукты подвергали рестрикции эндонуклеазой HaeIII с последующим электрофоретическим разделением в агарозном геле. В результате рестрикционного анализа выявляли три генотипа: MBL1^{TT} (255 п. н.), MBL1^{TC} (255/178/77 п. н.) и MBL1^{CC} (178/77 п. н.) (рис. 1).

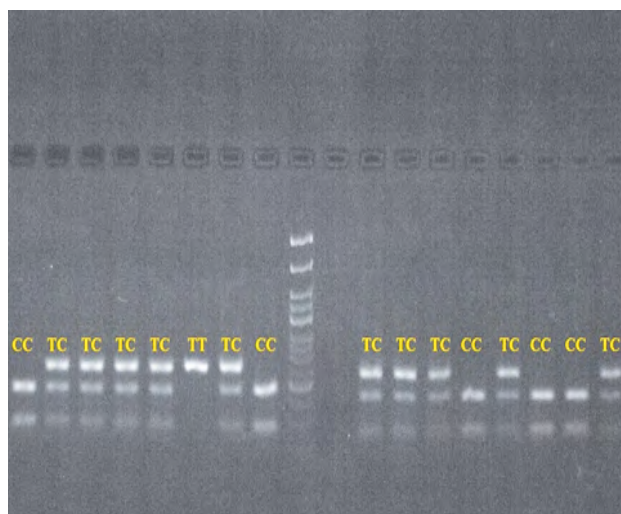


Рисунок 1. Электрофореграмма результатов ПЦР-ПДРФ-анализа гена маннозосвязывающего лектина (MBL1)

Частоту встречаемости генотипов рассчитывали по формуле (1) [10]:

$$P = n/N \quad (1)$$

где P – частота определенного генотипа, n – количество животных, имеющих определенный генотип, N – общее число животных.

Частоту отдельных аллелей определяли по формулам (2) и (3):

$$p^A = \frac{2nAA + nAB}{2N} \quad (2)$$

$$q^B = \frac{2nBB + nAB}{2N} \quad (3)$$

где p^A – частота аллеля А; q^B – частота аллеля В; nAA , nAB и nBB – количество животных с определенным генотипом, N – общее число животных.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения Microsoft Excel. Данные представлены в абсолютных и относительных значениях. Были составлены и проанализированы таблицы кросстабуляции. Оценку значимости частоты встречаемости признака проводили с применением непараметрического критерия χ^2 с поправкой Йетса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для выявления полиморфизма гена MBL1, а также его ассоциации с частотой заболеваемости маститом проводили ДНК-тестирование 524 коров холмогорской породы. (АО «Холмогорский племязавод», с. Холмогоры, Архангельская область) (табл. 1).

Аллель MBL1^C гена лектина доминирует в исследуемой выборке крупного рогатого скота и частота его встречаемости равна 54,1 %,



аллеля MBL1^T – 45,9 %. При оценке наблюдаемого и ожидаемого распределения генотипов гена MBL по закону Харди-Вайнберга разница между генотипами MBL1^{CC}, MBL1^{TC}, MBL1^{TT} минимально отличается, что говорит о преобладании системы случайного скрещивания. Значение варибельности хи-квадрат (χ^2) по гену MBL составило 0,90, что свидетельствует об отсутствии селекционного давления в исследуемом стаде.

Таблица 1. Полиморфизм MBL1 у крупного рогатого скота холмогорской породы

Распределение	Общее количество животных, голов	Частота встречаемости генотипов						Частота встречаемости аллелей, %		χ^2
		СС		ТС		ТТ		С	Т	
		Количество	%	Количество	%	Количество	%			
Наблюдаемое	524	148	28,0	271	52,0	105	20,0	54,1	45,9	0,90
Ожидаемое		153	29,3	260	49,7	110	21,0			

Распределение животных, которые ни разу не болели маститом, и животных, которые перенесли мастит как минимум 1 раз за исследуемый нами период, относительно носительства генотипа MBL1, представлена на рисунке 2.

В ходе исследования был проведен математический анализ, который позволил дать оценку количественной характеристики состояния стада по заболеваемости маститом в исследуемый период времени и выявить наличие связи между изучаемыми генотипами гена маннозо-связывающего лектина. Результаты представлены в таблице 2.

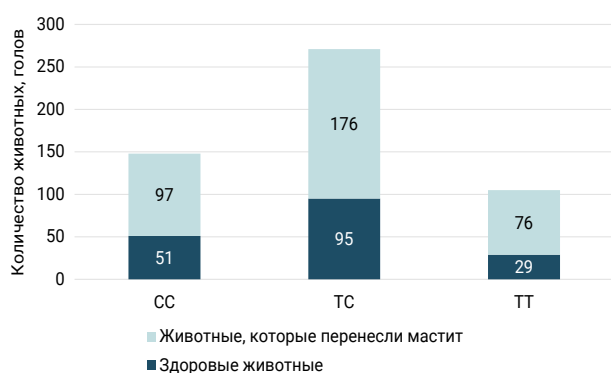


Рисунок 2. Распределение животных, которые болели маститом, и здоровых животных в группах с различными генотипами MBL1

Таблица 2. Структура исследуемой выборки животных по заболеваемости маститом в зависимости от генотипа MBL1

Генотип MBL1	Общее количество животных, голов	В т. ч. заболевшие маститом		В т. ч. здоровые	
		голов	%	голов	%
CC	148	97	65,5	51	34,5
TC	271	176	64,9	95	35,1
TT	105	76	72,4	29	27,6
Итого	524	349	66,6	175	33,4

Таблица 3. Количественное и процентное соотношение случаев заболевания животных с различными генотипами гена MBL1, болевших маститом в первую, вторую, третью и более лактации

Генотип MBL1	Общее		В т. ч. по первой лактации		В т. ч. по второй лактации		В т. ч. по третьей и более лактации	
	Количество	%	Количество	%	Количество	%	Количество	%
CC	336	28,0	49	25,0	81	30,0	206	28,0
TC	628	52,5	103	53,0	123	46,0	402	55,0
TT	233	19,5	42	22,0	64	24,0	127	17,0
Всего	1197	100,0	194	100,0	268	100,0	735	100,0

Из 524 животных 349 голов за весь период наблюдения заболело маститом один раз и более, что составило 66,6 % от исследуемого поголовья. Самая большая заболеваемость маститом наблюдалась в группе животных с генотипом MBL1^{TT} – 72,4 % (76 из 105 голов). На втором месте по количеству болевших животных находилась группа коров с генотипом MBL1^{CC} – 65,5 % (97 из 148 голов), а в самой многочисленной группе количество заболевших животных с генотипом MBL1^{TC} составило 64,9 %, или 176 из 271 голов.

За весь период наблюдения в хозяйстве нами было зарегистрировано 1197 случаев заболевания маститом у коров. Был проведен статистический анализ заболеваемости в зависимости от носительства генотипа MBL1 в первую, вторую и третью и более лактации. Самое большое количество случаев заболевания маститом было зарегистрировано у животных с генотипом MBL1^{TC} – 628, что составляет 52,5 % от общего числа случаев заболевания маститом всей исследуемой выборки, в группе с генотипом MBL1^{CC} – 336 случаев (28 %), в группе с генотипом MBL1^{TT} – 233 случая (19,5 %). На основании этих данных возможно предположить, что генотип лектина в гетерозиготном состоянии ассоциирован с более высокой заболеваемостью коров маститом (табл. 3).

Из общего количества случаев заболевания маститом в указанный период самое большое число заболеваний пришлось на третью и более лактации – 735 случаев, на вторую лактацию приходится – 268 случаев заболевания, в первую лактацию коровы болели маститом в меньшей степени – 194 раза, что составило 16,2 %.

Полученный нами результат соотносится с данными ряда других исследователей, которые утверждают, что с увеличением кратности лактации увеличивается количество случаев заболевания маститом. Так, в исследовании [11] отмечают рост заболеваемости маститом у коров, достигающих третьей и более



Источник изображения: freerik.com

лактации, а также, что на заболеваемость коров маститами влияет состав рациона, форма и размер вымени коров, условия доения. В исследовании [12] отмечают, что с увеличением молочной продуктивности за счет голштинизации скота уровень заболеваемости маститом увеличивается в группах животных с третьей и более лактацией. Также ряд авторов отмечают, что у коров с генотипом MBL1^{TC} более высокие показатели по количеству соматических клеток в молоке. Высокопродуктивные животные более восприимчивы к маститу, однако наибольшие показатели по количеству соматических клеток в молоке выявлены у коров с генотипом MBL1^{TC} [13–15].

Также нами был рассчитан средний показатель заболеваемости маститом (отношение всех случаев заболевания животных к количеству заболевших животных). Так, коровы с генотипом MBL1^{CC} в первую лактацию болеют в среднем 1,4 раза, во вторую – 2,1 раза, в третью и более – 3,0 раза. У коров с генотипами MBL1^{TC} и MBL1^{TT} наблюдается аналогичная тенденция: в первую лактацию животные в среднем болеют 1,4 и 1,2 раза, во вторую – 1,9 и 2,0 раза, в третью и более – 3,6 и 2,8 раза соответственно. Среднее количество случаев заболевания маститом у коров с различными генотипами MBL1 растет от первой к третьей и более лактации.

Известно, что первые 2–3 лактации у коров являются периодом раздоя и физиологического развития вымени, а с 3–4 лактации коровы начинают давать максимально возможное количество молока. В связи с чем у наиболее высокопродуктивных коров, помимо увеличения показателей надоя, жирно- и белкомолочности, увеличивается и количество соматических клеток в молоке [16–18].

Средний показатель заболеваемости маститом в исследуемом стаде в зависимости от генотипа MBL1 показал себя следующим образом. Наибольший средний показатель заболеваемости был зафиксирован у животных с генотипом MBL1^{TC}, составив 3,6 случая. Практически идентичный высокий показатель наблюдался у коров с генотипом MBL1^{CC} – 3,5 случая. В то же время наименьшее количество случаев заболевания маститом в среднем было отмечено у особей с генотипом MBL1^{TT} – 3,1 случая.

ВЫВОДЫ

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы: в стаде 66,6 % животных в исследуемый период времени переболели маститом. Аллель MBL1^C доминирует в исследуемой выборке крупного рогатого скота с частотой встречаемости 54,1 %, частота встречаемости аллеля MBL1^T – 45,9 %. Самая высокая заболеваемость маститом среди животных с исследуемыми генотипами MBL1 наблюдалась в группе животных с генотипом MBL1^{TT} – 72,4 %. Самое большое количество случаев заболевания маститом из всей исследуемой выборки зарегистрировано у животных с генотипом MBL1^{TC} – 52,5 %. Среднее количество случаев заболевания маститом у коров с различными генотипами MBL1 растет от первой к третьей и более лактации. Показано, что с увеличением возраста в лактациях фиксируется рост заболеваний маститом. Таким образом, ген маннозосвязывающего лектина (MBL) может быть использован для оценки устойчивости коров к заболеваниям вымени, а применение данного исследования на практике обеспечит составление надежного и своевременного эпизоотологического прогноза стада. ■

Поступила в редакцию: 17.10.2025

Принята в печать: 17.03.2026

CORRELATION BETWEEN MBL GENOTYPES AND MASTITIS IN Kholmogory COWS

Alyona A. Kondakova¹, Natalia A. Khudyakova², Artem B. Kiryanov², Irina S. Kozhevnikova^{1,2,3}¹Federal Research Center for Comprehensive Arctic Studies, Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk²Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk³Northern State Medical University, Arkhangelsk

Addressing the issue of high mastitis incidence in cows is critically important for Russian agriculture as it directly impacts the national food security, the economic efficiency of the agro-industrial complex, and the veterinary well-being of dairy farming. Kholmogory cows, one of the oldest domestic dairy breeds, are well-adapted to harsh climates, undemanding in their feeding requirements, and quite sturdy, which makes them a popular subject of marker-assisted selection. This article describes the incidence of mastitis in Kholmogory breed cows at an agricultural breeding enterprise in the Arkhangelsk Region. A comprehensive study of lectin (MBL1) genotypes linked the incidence of mastitis with MBL1 genotypes. The MBL1C allele of the lectin gene dominated in the cattle sample with a frequency of 54.1% while the frequency of the MBL1T allele was 45.9%. Out of 524 cows, 349 contracted mastitis one or more times during the entire observation period, accounting for 66.6% of the herd. The highest incidence of mastitis among the animals with MBL1 genotypes belonged to the group with the MBL1TT genotype – 72.4% (76 / 105 cows). A total of 1,197 cases of mastitis was recorded in the herd during the observation period. The largest number of mastitis cases (628) was registered in the animals with the MBL1TC genotype, which constituted 52.5% of the total number of mastitis cases in the entire sample. The average number of mastitis cases in cows with different MBL1 genotypes increased from the first to the third and subsequent lactations. The gene for mannose-binding lectin (MBL) requires further study and could serve as a genetic marker for cow resistance to udder diseases. Furthermore, the practical application of this research enables the development of a reliable and timely epizootiological herd modeling.

Keywords: mannose-binding lectin (MBL), cattle, Kholmogorsky breed, mastitis, morbidity

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cheng, W. N. Bovine mastitis: Risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments – A review / W. N. Cheng, S. G. Han // Asian-Australasian journal of animal sciences. 2020. Vol. 33(11). P. 1699–1713. <https://doi.org/10.5713/ajas.20.0156>
2. Позовникова, М. В. Полиморфные варианты генов CD62L и ACSL1 в связи с устойчивостью коров к маститу / М. В. Позовникова, Е. А. Романова, О. В. Тулинова // Аграрная наука. 2023. № 4. С. 57–61. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-57-61>; <https://elibrary.ru/uoazre>
3. Смольникова, М. В. Протеины лектинового пути активации системы комплемента: иммунобиологические функции, генетика и участие в патогенезе заболеваний человека / М. В. Смольникова, С. Ю. Терещенко // Инфекция и иммунитет. 2022. Т. 12, № 2. С. 209–221. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-POT-1777>; <https://elibrary.ru/tzqbce>
4. Ambrosio, A. R. *Leishmania (Viannia) braziliensis*: interaction of mannose-binding lectin with surface glycoconjugates and complement activation. An antibody-independent defence mechanism / A. R. Ambrosio, I. J. de Messias-Reason // Parasite Immunology. 2005. Vol. 27. P. 333–340. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3024.2005.00782.x>
5. Nauta, A. J. Opsonization with C1q and mannose-binding lectin targets apoptotic cells to dendritic cells / A. J. Nauta [et al.] // The Journal of Immunology. 2004. Vol. 173. P. 3044–3050. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.173.5.3044>
6. Tenner, A. J. Mannose binding protein (MBP) enhances mononuclear phagocyte function via a receptor that contains the 126,000 M(r) component of the C1q receptor / A. J. Tenner, S. L. Robinson, R. A. Ezekowitz // Immunity 1995. Vol. 3. P. 485–493. [https://doi.org/10.1016/1074-7613\(95\)90177-9](https://doi.org/10.1016/1074-7613(95)90177-9)
7. Kang, H. J. Mannose-binding lectin without the aid of its associated serine proteases alters lipopolysaccharide-mediated cytokine/chemokine secretion from human endothelial cells / J. H. Kang [et al.] // Immunology. 2007. Vol. 122. P. 335–342. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2567.2007.02644.x>
8. Ruskamp, J. M. Exploring the role of polymorphisms in ficolin genes in respiratory tract infections in children / J. M. Ruskamp [et al.] // Clinical and Experimental Immunology. 2009. Vol. 155(3). P. 433–440. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2249.2008.03844.x>
9. Aksel, E. G. Holstein ineklerinde MBL1 geni polimorfizminin subklinik mastitis üzerine etkileri / E. G. Aksel [et al.] // Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 2021. Vol. 27(3). P. 389–395/ <https://doi.org/10.9775/kvfd.2021.25714>
10. Меркурьева, Е. К. Генетические основы селекции в скотоводстве / Е. К. Меркурьева. – Москва: «Колос», 1977. – 240 с.
11. Ушакова, Ж. Ш. Определение взаимосвязи возникновения мастита у коров с различным количеством лактаций / Ж. Ш. Ушакова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1(65). С. 331–341. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-01-32>; <https://elibrary.ru/riuwkt>
12. Басонов, О. А. Продолжительность хозяйственного использования коров от уровня их молочной продуктивности / О. А. Басонов, О. Е. Павлова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4(40). С. 103–107. <https://doi.org/10.18286/1816-45-2017-4-103-107>; <https://elibrary.ru/ykhmdc>
13. Muhasin Asaf, V. N. Association study of genetic variants at single nucleotide polymorphism rs109231409 of mannose-binding lectins 1 gene with mastitis susceptibility in Vrindavani crossbred cattle / V. N. Muhasin Asaf [et al.] // Veterinary World. 2014. Vol. 7(10). P. 807–810. <https://doi.org/10.14202/VETWORLD.2014.807-810>
14. Епишко, О. А. Использование гена манноза-связывающего лектина (MBL1) в селекции крупного рогатого скота / О. А. Епишко [и др.] // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2021. Т. 57, № 2. С. 102–106. <https://doi.org/10.52368/2078-0109-2021-57-2-102-106>; <https://elibrary.ru/bivgro>
15. Абдуллина, Л. В. Ген манноза-связывающего лектина (MBL), и влияние его полиморфизма на устойчивость коров к маститу / Л. В. Абдуллина, Г. Р. Юсупова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2019. Т. 238, № 2. С. 4–8. <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-238-2-4-9>; <https://elibrary.ru/okvzvt>
16. Худякова Н. А. Влияние возраста в лактациях на суточный удой и количество соматических клеток в молоке / Н. А. Худякова [и др.] // Молочная промышленность. 2023. № 6. С. 19–23. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-6-12>; <https://elibrary.ru/pufngt>
17. Худякова Н. А. Влияние гена лептина на продолжительность хозяйственного использования крупного рогатого скота / Н. А. Худякова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 12(201). С. 146–153. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-12-146-153>; <https://elibrary.ru/phxhuc>
18. Воробьева, С. С. Количество соматических клеток в молоке ярославских чистопородных коров в зависимости от удоя молока и скорости молокоотдачи / С. С. Воробьева // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 3(28). С. 78–82. <https://doi.org/10.35523/2307-5872-2019-28-3-78-82>; <https://elibrary.ru/bsdfef>