Аграрный научный журнал. 2025. № 11. С. 96–100
Agrarian Scientific Journal. 2025;(11):96–100

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Научная статья
УДК 636.034:636.082
https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp96-100

Распределение частоты многоплодных беременностей крупного рогатого скота в разрезе генов *OPN* и *IGF-1* в условиях Республики Татарстан

Екатерина Николаевна Муханина[1], Наталья Юрьевна Сафина[1], Эльза Равилевна Гайнутдинова[1], Шамиль Касымович Шакиров[1], Зилия Фидаилевна Фаттахова[2]
[1]Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия
[2]Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, г. Казань, Россия
e-mail: natysafina@gmail.com

Аннотация. Рождение двоен у крупного рогатого скота молочного направления влечет за собой экономические убытки из-за меньшей выживаемости приплода, повышения частоты задержки развития плацент, количества абортов на поздних сроках и увеличения межотельного периода. Наследуемость признака многоплодия низкая, но применение селекции на основе генетических маркеров важно для снижения риска многоплодной беременности у дойных коров. Среди таких генов-маркеров выделяют *OPN* и *IGF-1*. Они важны для контроля лактационной и репродуктивной функций, поддержания стельности крупного рогатого скота. Для этих генов определены 2 аллеля и 3 генотипа. По гену *IGF-1* наибольший процент рождения двоен зафиксирован у коров с гетерозиготным генотипом при 1-м отеле, наименьшее количество, вне зависимости от порядкового номера отела, установлено у животных с генотипом СС. Для гена *OPN* тенденция многоплодия возрастает с числом отелов у особей с генотипом АВ. Для двух других генотипов наблюдается равное соотношение рождения двоен.

Ключевые слова: многоплодие, двойня, ген, полиморфизм, остеопонтин, *OPN*, инсулиноподобный фактор роста-1, *IGF-1*, крупный рогатый скот

Для цитирования: Муханина Е. Н., Сафина Н. Ю., Гайнутдинова Э. Р., Шакиров Ш. К., Фаттахова З. Ф. Распределение частоты многоплодных беременностей крупного рогатого скота в разрезе генов *OPN* и *IGF-1* в условиях Республики Татарстан // Аграрный научный журнал. 2025. № 11. С. 96–100. https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp96-100.

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Original article

Frequency distribution of multiple pregnancies in cattle in the context of *OPN* and *IGF-1* genes in the Republic of Tatarstan

Ekaterina N. Mukhanina[1], Natalia Yu. Safina[1], Elza R. Gaynutdinova[1], Shamil K. Shakirov[1], Ziliya F. Fattakhova[2]
[1]Tatar Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center of RAS, Kazan, Russia
[2]Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, Kazan, Russia
e-mail: natysafina@gmail.com

Abstract. The birth of twins in dairy cattle causes economic losses due to lower litter survival, increased incidence of delayed placenta development, increased number of late term abortions, and increased lactation period. Heritability of multiple pregnancy trait is low, but the use of selection based on genetic markers is useful to reduce the risk of multiple pregnancy in dairy cows. Among such marker genes, *OPN* and *IGF-1* are prominent. They both play an important role in the control of lactation and reproductive function and maintenance of bovine pregnancy. For both genes 2 alleles and 3 genotypes have been determined. For the *IGF-1* gene, the highest percentage of twins was recorded in cows with heterozygous genotype at the 1st calving, the lowest number, regardless of the serial number of calving, was found in animals with CC genotype. For the *OPN* gene, the tendency of multiple births increases with calving number in individuals with the AB genotype. For the other two genotypes, an equal ratio of twin births is observed.

Keywords: multiple pregnancies, twinning, gene, polymorphism, osteopontin, *OPN*, insulin-like growth factor-1, *IGF-1*, cattle

For citation: Mukhanina E. N., Safina N. Yu., Gaynutdinova E. R., Shakirov Sh. K., Fattakhova Z. F. Frequency distribution of multiple pregnancies in cattle in the context of *OPN* and *IGF-1* genes in the Republic of Tatarstan. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2025;(11):96–100. (In Russ.). https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp96-100.

Введение. Крупный рогатый скот относится к одноплодному виду животных, что означает рождение в большинстве случаев одного теленка. Однако иногда репродуктивный процесс у крупного рогатого скота приводит к рождению близнецов. В некоторых системах мясного скотоводства многоплодность может рассматриваться как желательный признак, повышающий рентабельность за счет увеличения массы телят-отъемышей, получаемых на корову. Последствия рождения близнецов в популяциях коров молочного направления продуктивности хорошо известны и влекут за собой финансовые издержки, связанные со снижением выживаемости телят, с увеличением частоты задержки развития плаценты, интервалов между отелами, количества абортов на поздних сроках, большей дистоцией и повышенным коэффициентом замещения. Эти затраты не компенсируются увеличением количества товарных телят [9]. Факторами риска рождения двойни являются генетика, количество отелов, частота овуляции, продуктивность [6], порода (у голштинской породы наблюдается значительно более высокая частота рождения двойни по сравнению с другими породами крупного рогатого скота) [8]. Кроме того, значительное влияние оказывает время года [6], т.к. наибольшая частота рождения близнецов отмечается в осенние месяцы и наименьшая – весной [9].

Доказано, что многоплодие в стаде голштинского скота в США составило в среднем 4,2 %, риск появления двойни увеличивался пропорционально количеству отелов (1,2 % у первотелок против 5,8 % у повторно родящих) [6]. Однако повторяемость рождения двойняшек, как правило, низкая [10].

Многоплодность у крупного рогатого скота – это сложный признак, который связан со здоровьем и продуктивностью животного, но в то же время он связан с экономическими потерями, складывающимися из-за абортов, дистоции, снижения живой массы при рождении и выживаемости новорожденных телят. Наследуемость признака многоплодности низкая (h^2 = 0,09), и применение селекции на основе генетических маркеров будет полезно для ее снижения. Для определения наследования локусов количественных признаков (QTL), наступления или частоты овуляции по отцовской линии ранее были исследованы аллели в семействах крупного рогатого скота, состоящих из полусибсов. Локусы количественных признаков многоплодности или частоты овуляции, выявленные с помощью сцепления, могут быть использованы при маркер-ассоциированной селекции. Однако, если положения локусов будут определены точно, неопределенность, вызванная распадом нуклеотидов сцепления в последующих поколениях, будет препятствием для их дальнейшего использования.

Локус частоты двоен или множественной овуляции на BTA5 был идентифицирован в предыдущих исследованиях, приблизительно между 55 и 65 Mb (сборка генома крупного рогатого скота 3.1;www.hgsc.bcm.tmc.edu/projects/bovine/), в норвежской и североамериканской популяциях молочного скота голштинской породы [11].

В области BTA5 есть несколько генов-кандидатов, которые могут принимать участие в развитии фолликулов, эмбрионов или в обоих процессах одновременно, что оказывает влияние на частоту овуляции или формирование двоен. Это гены, задействованные в пролиферации клеток (*CDCA3,IGF-I,IGFBP6,KL,MYF5,MYF6,SSR3*), апоптозе (*APAF-1,TEGT,SOCS2*) и сигнальной трансдукции (*ALK-1,FRS2,PTPRR,PTK9,SKR-3*) [7].

Инсулиноподобный фактор роста-1 является низкомолекулярным пептидом, вырабатываемым в основном печенью. Он контролирует рост и дифференцировку различных типов клеток в организме посредством активации клеточного цикла. Следовательно, он играет ключевую роль в контроле послеродового роста, развитии молочных желез, лактации и воспроизводстве у дойных коров [13]. Ген *IGF-1* является наиболее вероятным функциональным геном-кандидатом в области QTL длиной от 60 до 70 Mb. Физиологическим обоснованием для рассмотрения *IGF-1* как гена-кандидата является его повышенная экспрессия у коров с многоплодной беременностью, а также ключевая функция в фолликулогенезе. Связь между частотой рождения двоен и полиморфизмом *IGF-1* была исследована ранее [11].

Остеопонтин (*SPP1*, *OPN*) – это секретируемый гликопротеин, который играет важную роль в различных биологических функциях млекопитающих. Было доказано, что он участвует в минерализации костей, метастазировании рака, клеточно-опосредованных иммунных реакциях, воспалении, выживании клеток, имплантации эмбриона, поддержании беременности и ангиогенезе [12].

OPN обладает эвентуальностью влияния на реструктурирование тканей на границе материнской плаценты и эмбриона, на межклеточную и внутриклеточную коммуникацию, увеличивая пролиферацию, миграцию и выживаемость клеток, а также регулирование локальных цитокиновых сетей. Ген *OPN* является хорошим геном-кандидатом для определения многих продуктивных признаков и воспроизводительных качеств (удой за 305 дней, коэффициент устойчивости лактации, содержание массовой доли жира и белка в молоке, выход молочного жира, мертворождаемость, самопроизвольное абортирование и дистоция, частота наступления многоплодной беременности и т.д.) [1, 3, 4, 12].

Цель исследования – изучить ассоциацию полиморфизмов генов *IGF-1* и *OPN* с частотой рождения двоен у дойных коров в условиях Республики Татарстан.

Методика исследований. Опыт проводили на 258 полновозрастных коровах голштинской породы, которые содержатся в СХПК «Племенной завод им. Ленина» Атнинского района Республики Татарстан.

Выделение ДНК из цельной крови, отобранной из хвостовой вены, выполняли набором «АмплиПрайм» ДНК-сорб-В (Некст БИО, Россия) по прилагаемой изготовителем инструкции.

Полиморфные варианты генов *OPN* (c.8514 C→T) и *IGF-1* (512 T → C) были определены по ранее адаптированным протоколам в лаборатории отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН [1, 5]. Частоту встречаемости аллелей и генотипов рассчитывали, следуя методическим рекомендациям по биометрии в селекции и генетике сельскохозяйственных животных [2]. Животные были сгруппированы по выявленному тому или иному генотипу в разрезе исследуемых генов-маркеров.

Информацию о количестве беременностей у исследуемого поголовья получали из информационно-аналитической системы «СЕЛЭКС. Молочный скот w9.3.0.0.» (АРМ Плинор, Россия).

Результаты исследований. Для исследуемой популяции коров голштинской породы СХПК «Племенной завод им. Ленина» Атнинского района Республики Татарстан была установлена следующая частота встречаемости аллелей и генотипов: для гена *OPN* – *BseI* аллели C – 0,432 и T – 0,568, генотипы CC – 14,3 %, CT – 57,8 и TT – 27,9 % и для гена *IGF-1* – *BstSNI* аллели A – 0,524, B – 0,476, генотипы AA – 24,7 %, AB – 55,6 и BB – 27,3 %.

На рисунке 1 представлено распределение случаев многоплодия у коров-первотелок в зависимости от их генотипа генов *OPN* (c.8514 C→T) и *IGF-1* (512 T → C).

Наиболее часто многоплодные беременности встречались у особей с гетерозиготным генотипом гена *OPN*, у первотелок с гомозиготными генотипами отмечали равное соотношение долей многоплодия. По гену *IGF-1* наблюдали равное распределение многоплодности коров при первом отеле.

На рисунке 2 показано распределение многоплодных беременностей у коров второго отела в ассоциации с их генотипами по генам *OPN* и *IGF-1*.

В отличие от первотелок у повторнородящих коров с генотипом TT гена *OPN* возросли эпизоды многоплодных беременностей, тем не менее лидирующие позиции сохранили животные с генотипом CT. В разрезе гена *IGF-1* при втором отеле соотношение изменилось в сто-

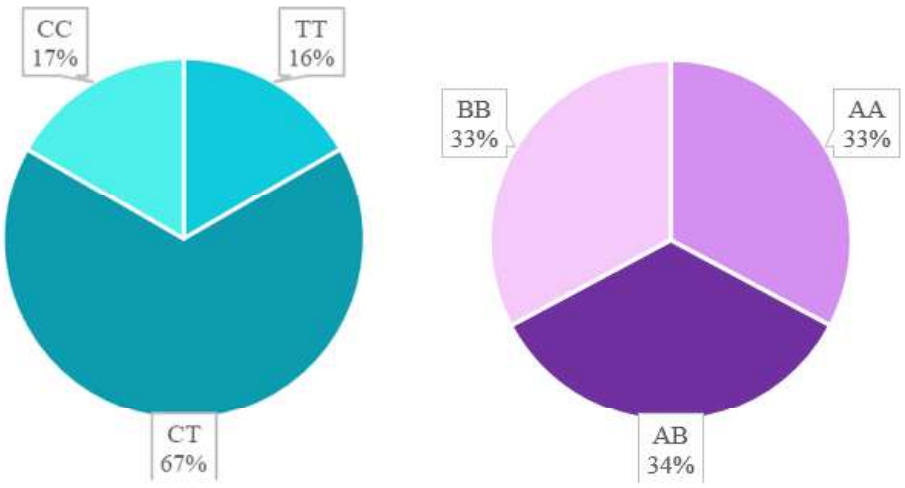

Рисунок 1 – Распределение многоплодных беременностей у коров с различными генотипами OPN и IGF-1 при 1-м отеле

Figure 1 – Distribution of multiple pregnancies pregnancies in cows with different OPN and IGF-1 genotypes at 1st calving

рону увеличения многоплодных особей с гетерозиготным генотипом, при этом соразмерным этот показатель остался у коров с генотипами ВВ и АА.

На рисунке 3 представлены соотношения случаев многоплодия у коров третьего отела с разными полиморфными вариантами генов *OPN* и *IGF-1*.

При анализе группирования многоплодных особей третьего отела в зависимости от их генотипа гена *OPN* наблюдали сохранение тенденции, заданной в предыдущем отеле, наибольшее количество среди особей с генотипом СТ, наименьшее – у животных, гомозиготных по С-аллелю. Что касается *IGF-1*, также наблюдали преобладание коров третьего отела с многоплодной стельностью, несущих гетерозиготный вариант АВ исследуемого гена, и равноценное распределение многоплодности у животных двух других генотипов.

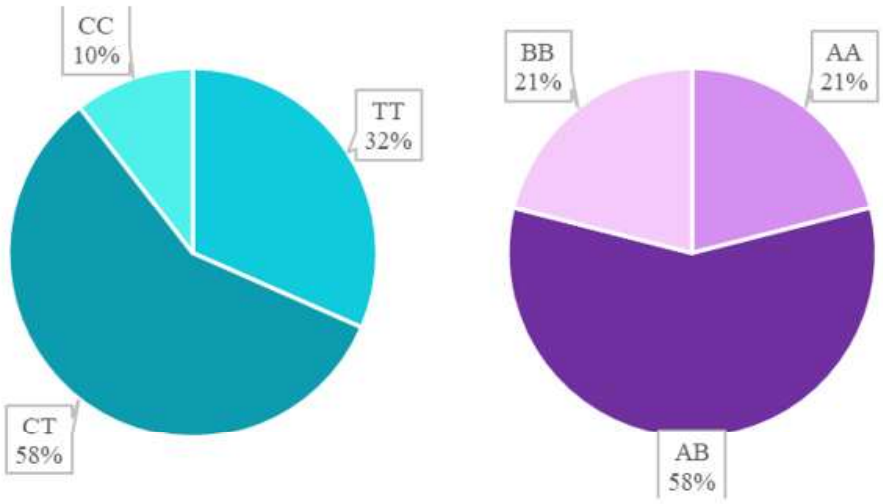

Рисунок 2 – Распределение многоплодных беременностей у коров с различными генотипами OPN и IGF-1 при 2-м отеле

Figure 2 – Distribution of multiple pregnancies in cows with different OPN and IGF-1 genotypes at 2nd calving

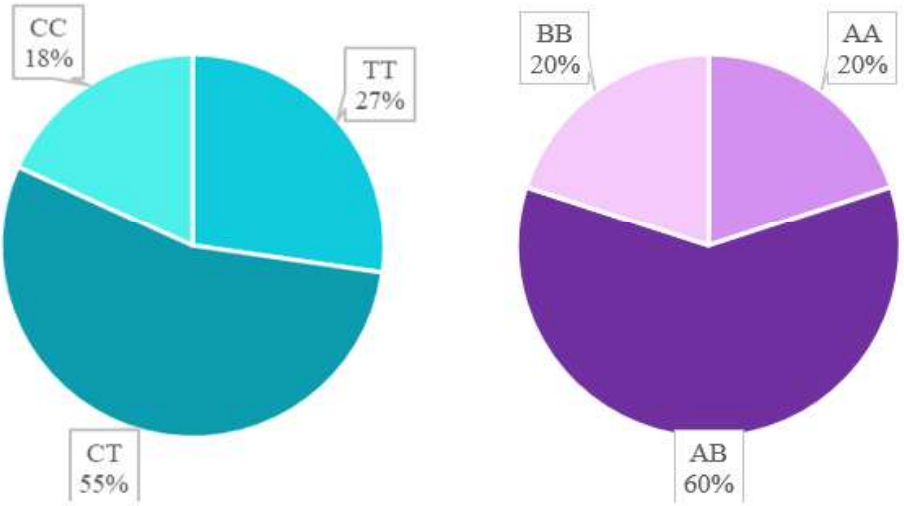

Рисунок 3 – Распределение многоплодных беременностей у коров с различными генотипами OPN и IGF-1 при 3-м отеле

Figure 3 – Distribution of multiple pregnancies in cows with different OPN and IGF-1 genotypes at 3rd calving

Заключение. Результаты исследования указывают на то, что частота многоплодных беременностей – это низко наследуемый и редко повторяющийся признак, на который оказывают влияние полиморфные варианты генов *OPN* и *IGF-1*, кратность отелов и иные факторы. Не нулевая оценка наследуемости и повторяемости частоты многоплодия дает возможность совершенствовать этот признак, уменьшая количество эпизодов многоплодных беременностей в стаде путем селекционной и научной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Идентификация полиморфизма гена остеопонтин (*OPN*) в популяции голштинского крупного рогатого скота Республики Татарстан / Э. Р. Гайнутдинова [и др.] // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 7(27). С. 1–6. DOI: 10.23649/jae.2022.27.7.008.

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

3. Молочная продуктивность голштинского скота с различными генотипами гена остеопонтин (*OPN*) / Э. Р. Гайнутдинова [и др.] // Международный вестник ветеринарии. 2023. № 3. С. 246–250. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.3.246.

4. Обусловленность продуктивных качеств крупного рогатого скота Республики Татарстан полиморфизмом гена остеопонтина / Е. Н. Муханина [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2024. Т. 260. № 4. С. 148–153. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-4-260-148.

5. Полиморфизм гена *IGF-1* в поголовье коров голштинской породы и быков-производителей / Н. Ю. Сафина [и др.] // Международный вестник ветеринарии. 2025. № 1. С. 343–353. DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.343.

6. Cabrera V. E., Fricke P. M. Economics of twin pregnancies in dairy cattle // Animals (Basel). 2021. Vol. 11(2). P. 552. DOI: 10.3390/ani11020552.

7. Confirmation of quantitative trait loci using a low-density single nucleotide polymorphism map for twinning and ovulation rate on bovine chromosome 5 / M. F. Allan et al. // J Anim Sci. 2009. Vol. 87(1). P. 46–56. DOI: 10.2527/jas.2008-0959.

8. Genomic Prediction for twin pregnancies / S. P. McGovern et al. // Animals (Basel). 2021. Vol. 11(3). P. 843. DOI: 10.3390/ani11030843.

9. Kirkpatrick B. W., Berry D. P. A genomic analysis of twinning rate and its relationship with other reproductive traits in Holstein-Friesian cattle // J Dairy Sci. 2025. Vol. 108(2). P. 1686–1698. DOI: 10.3168/jds.2024-25236.

10. Lett B. M., Kirkpatrick B. W. Short communication: Heritability of twinning rate in Holstein cattle // J Dairy Sci. 2018. Vol. 101(5). P. 4307–4311. DOI: 10.3168/jds.2017-13660.

11. Refined mapping of twinning-rate quantitative trait loci on bovine chromosome 5 and analysis of insulin-like growth factor-1 as a positional candidate gene / E. S. Kim et al. // J Anim Sci. 2009. Vol. 87(3). P. 835–843. DOI: 10.2527/jas.2008-1252.

12. Role of secreted phosphoprotein 1 (*SPP1*) gene in bovines– a review / D. Chakraborty et al. // Agricultural Reviews. 2025. Vol. 31(3). P. 184–193.

13. The relationship between serum insulin-like growth factor-1 (*IGF-1*) concentration and reproductive performance, and genome-wide associations for serum *IGF-1* in Holstein cows / M. J. Gobikrushanth et al. // Dairy Sci. 2018. Vol. 101(10). P. 9154–9167. DOI: 10.3168/jds.2018-14535.

REFERENCES

1. The identification of osteopontin gene polymorphism (*OPN*) in the population of Holstein cattle of the Republic of Tatarstan / E. R. Gainutdinova, N. Yu. Safina, Z. F. Fattakhova, Sh. K. Shakirov. *Journal of Agriculture and Environment.* 2022;7(27):1–6. DOI: 10.23649/jae.2022.27.7.008. (In Russ).

2. Merkurieva E. K., Shangin-Berezovsky G. N. Genetics with the basics of biometrics. Moscow: Kolos; 1983. 400 c. (In Russ).

3. Dairy productivity of Holstein cattle with different genotypes of the osteopontin gene (*OPN*) / E. R. Gainutdinova, N. Yu. Safina, Z. F. Fattakhova, Sh. K. Shakirov. *International Journal of Veterinary Medicine.* 2023;(3):246–250. (In Russ). DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.3.246.

4. Conditionality of productive qualities of cattle of the Republic of Tatarstan by osteopontin gene polymorphism / E. N. Mukhanina et al. *Academic Notes of Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. Bauman*. 2024; 4(260):148–153. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-4-260-148. (In Russ).

5. *IGF-1* gene polymorphism in the population of Holstein cows and bulls-sires / N. Yu. Safina et al. *International Journal of Veterinary Medicine.* 2025; (1):343–353. (In Russ). DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.343.

6. Cabrera V. E., Fricke P. M. Economics of twin pregnancies in dairy cattle. *Animals (Basel).* 2021;11(2):552. DOI: 10.3390/ani11020552.

7. Confirmation of quantitative trait loci using a low-density single nucleotide polymorphism map for twinning and ovulation rate on bovine chromosome 5 / M. F. Allan et al. *J Anim Sci.* 2009; 87(1):46–56. DOI: 10.2527/jas.2008-0959.

8. Genomic Prediction for twin pregnancies S. P. McGovern et al. *Animals (Basel).* 2021;11(3):843. DOI: 10.3390/ani11030843.

9. Kirkpatrick B. W., Berry D. P. A genomic analysis of twinning rate and its relationship with other reproductive traits in Holstein-Friesian cattle. *J Dairy Sci.* 2025; 108(2):1686–1698. DOI: 10.3168/jds.2024-25236.

10. Lett B. M., Kirkpatrick B. W. Short communication: Heritability of twinning rate in Holstein cattle. *J Dairy Sci.* 2018;101(5):4307–4311. DOI: 10.3168/jds.2017-13660.

11. Refined mapping of twinning-rate quantitative trait loci on bovine chromosome 5 and analysis of insulin-like growth factor-1 as a positional candidate gene / E. S. Kim et al. *J Anim Sci.* 2009;87(3):835–843. DOI: 10.2527/jas.2008-1252.

12. Role of secreted phosphoprotein 1 (*SPP1*) gene in bovines – a review / D. Chakraborty et al. *Agricultural Reviews.* 2025;31(3):184–193.

13. The relationship between serum insulin-like growth factor-1 (*IGF-1*) concentration and reproductive performance, and genome-wide associations for serum *IGF-1* in Holstein cows / M. J. Gobikrushanth et al. *Dairy Sci.* 2018; 101(10):9154–9167. DOI 10.3168/jds.2018-14535.

Статья поступила в редакцию 02.04.2025; одобрена после рецензирования 15.05.2025; принята к публикации 21.05.2025.
The article was submitted 02.04.2025; approved after reviewing 15.05.2025; accepted for publication 21.05.2025.