

Научная статья
УДК 636.22/.28.082.453.2
doi: 10.28983/asj.y2024i12pp127-132

Влияние возраста осеменяемых коров на оценку быков-производителей по оплодотворяющей способности семени

Елена Николаевна Нарышкина, Александр Александрович Сермягин

Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Московская область, пос. Дубровицы, Россия, e-mail: selection.76@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена динамика изменчивости оплодотворяющей способности семени быков-производителей голштинской породы ($n = 208$ гол.) при осеменении телок случного возраста и коров 1-го отела и старше за 2015–2022 гг. в условиях Подмосковья. Для получения информации по оплодотворяемости телок и коров после однократного осеменения был сформирован массив данных первичной информации, характеризующих их воспроизводительную функцию. Для оценки племенной ценности быков-производителей применяли модель BLUP Sire Model, где в качестве фиксированных эффектов использовали год оценки ($Year_i$) и возраст осеменяемой коровы ($Lact_j$). Для определения сходимости ранжирования быков по оценкам племенной ценности оплодотворяющей способности их семени использовали коэффициент ранговой повторяемости по Спирмену. Показатели оплодотворяемости после однократного осеменения телок случного возраста независимо от года исследования составили 64,5–83 %, коров 1-й лактации и старше – 39,4–37,2 %. Наибольшее достоверное влияние на оплодотворяющую способность семени оказали фактор лактации ($\eta = 57,3$ %, $p \leq 0,001$) и неучтенные факторы ($\eta = 27,77$ %), что и демонстрируют расчеты низкой ранговой повторяемости фенотипической оценки фертильности семени семени. Совпадения рангов генетической оценки составили не более 24–27 %, что свидетельствует о высокой изменчивости признака и указывает на целесообразность отдельной оценки фертильности семени быков на телках случного возраста и коровах 1-й лактации и старше.

Ключевые слова: бык-производитель; BLUP; оценка племенной ценности; оплодотворяющая способность семени

Для цитирования: Нарышкина Е. Н., Сермягин А. А. Влияние возраста осеменяемых коров на оценку быков-производителей по оплодотворяющей способности семени // Аграрный научный журнал. 2024. № 12. С. 127–132. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i12pp127-132>.

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Original article

The influence of the age of cows on the variability of the fertility estimate of the semen

Elena N. Naryshkina, Alexander A. Sermyagin

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Moscow region, Dubrovitsy, Russia, e-mail: selection.76@mail.ru

Abstract. The article considers the dynamics of variability of fertility of the semen of Holstein bulls ($n=208$) during insemination of heifers and cows of the 1st calving and older for the period 2015–2022 in the Moscow region. To obtain information on the fertilization of heifers and cows after a single insemination, an array of original information data characterizing their reproductive function. To assess the breeding value of bulls, the BLUP Sire Model was used, where the evaluation year ($Year_i$) and the age of the inseminated cow ($Lact_j$) were used as fixed effects. Spearman's coefficient of rank repeatability was used to determine the convergence of the ranking of bulls according to estimates of the breeding value of semen fertility. High rates of fertilization after a single insemination in heifers of the same age, regardless of the year of the study, are 64.5 ... to 83%, in cows of the 1st lactation and older – 39.4–37.2%. The





lactation factor ($\eta=57.3\%$, $p\leq 0.001$) and unaccounted-for factors ($\eta=27.77\%$) have the most significant effect on semen fertility, which is demonstrated by calculations of low rank repeatability of phenotypic assessment of semen fertility ($r_w = -0.06-0.09$). The coincidence of the ranks of the genetic assessment is no more than 24–27%, which indicates a high variability of the trait and indicates the expediency of a separate assessment of the fertility of bull semen on heifers of the same age and on cows of the 1st lactation and older.

Keywords: bull; BLUP; estimate of breeding value; fertility of semen

For citation: Naryshkina E. N., Semyagin A. A. The influence of the age of cows on the variability of the fertility estimate of the semen. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(12):127–132. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i12pp127-132>.

Введение. Генетически выдающиеся быки имеют первостепенное значение, т.к. генетический прогресс популяции зависит от широкого использования ценных производителей, проверенных по собственной продуктивности и оцененных по воспроизводительной функции и качеству потомства. К основным признакам собственной продуктивности, характеризующим фенотипические особенности производителя, относят количественные и качественные признаки спермопродукции, а также ее оплодотворяющую способность. Показатель оплодотворяющей способности семени (ОСС) быка-производителя является одним из важных признаков, характеризующих его воспроизводительную функцию.

Несмотря на селекционные и генетические достижения в скотоводстве, на сегодняшний день проблема воспроизводительной функции сельскохозяйственных животных остается одной из сложных и трудноразрешимых, а генетика плодовитости скота приобретает большое значение [3]. В теории и практике искусственного осеменения детально разработаны методы оценки качества семени быков-производителей. Фертильность производителей, рассматриваемая как способность сперматозоидов оплодотворять яйцеклетку и поддерживать эмбриональное развитие плода в совокупности с оценкой параметров качества семени, остается важным селекционным признаком. У быков, имеющих высокую плодовитость, дочери отличаются хорошей репродуктивной функцией [15, 17].

Имеется множество исследований по прогнозированию фертильности быков-производителей с использованием функциональных [1, 8], молекулярных [13] и геномных [2, 6] методов, а также их комбинаций. Несмотря на это, до сих пор не существует единой оценки или совокупности оценок, которые могли бы надежно предсказывать оплодотворяющую способность семени быков-производителей [11].

На данный признак большое влияние оказывают факторы окружающей среды. В связи с этим коэффициент наследуемости варьирует от низких до умеренных значений и по разным источникам составляет от 0,022 и 0,05 [16] до 0,20 [7]. Из-за низкой наследуемости оплодотворяющей способности семени быков-производителей точность определения племенной ценности (EBV) может быть невысокой и возрастает при учете факторов, достоверно влияющих на этот признак. Использование данных за ряд лет приводят к повышению точности оценок быков-производителей. Кроме того, точность оценки может быть повышена за счет использования геномной информации. Оценки параметров и прогнозы EBV могут быть получены с использованием линейных моделей, где в качестве фиксированного эффекта используются факторы, определяемые стадом, годом осеменения, сезоном года, возрастом осеменяемой коровы, продолжительностью сервис-периода, суточным удоем [16].

Имеется тесная взаимосвязь между качественными признаками семени быков-производителей и оплодотворяемостью их потомков (телки и коровы 1–3-й лактации). Оплодотворяемость коров – это сложный признак, на который одновременно оказывает влияние большое количество паратипических факторов, зависит как от уровня ведения животноводства, так и от организации всей работы по воспроизводству стада [5]. Динамика изменчивости оплодотворяемости коров после однократного осеменения может варьировать от 20 % и более [19]. При продуктивности коров более 8 тыс. кг молока оплодотворяемость составляла менее 30 %. В первые 50 дней послеродового периода только у 8,5 % клинически здоровых коров заканчивалась инволюция половых органов и возобновлялась поло-

вая цикличность [4]. Результаты исследований генетической и фенотипической корреляции между оплодотворяемостью коров и признаками качества семени показали умеренные и высокие значения по жизнеспособности ($r_p = 0,17...0,31$; $r_g = 0,17...0,21$) и подвижности ($r_p = 0,41...0,51$; $r_g = 0,45...0,65$) сперматозоидов до и после криоконсервации. Они могут быть использованы для прогноза оплодотворяемости дочерей быков голштинской породы [12].

Генетический отбор в современном мире зависит от генетического тестирования (генотипирования) и точного фенотипирования животных. Сбор точных фенотипов является важным фактором генетического прогресса. Отбор по комплексу признаков, таких как сервис-период, индекс осеменения, продолжительность жизни и заболеваемость охватывает большинство ключевых компонентов фертильности, которые могут быть фенотипированы и использованы для улучшения общей фертильности коров в послеродовой период [14].

Умение прогнозировать воспроизводительную способность семени быка-производителя является одной из долгосрочных целей племенного животноводства. Использование оцененных по геному быков-производителей, интенсивно используемых в молочном скотоводстве, усиливает эту потребность.

Цель исследования – изучить динамику изменчивости фенотипической оценки оплодотворяющей способности семени быков-производителей голштинской породы при осеменении коров разного возраста.

Материалы и методы. Для получения информации по оплодотворяемости телок и коров была сформирована база первичных данных, характеризующих воспроизводительную функцию маточного поголовья в 38 хозяйствах Подмосковья. Работу проводили с помощью системы получения и обработки информации по учтенным суточным событиям СЕЛЭКС-Молочный скот (ООО «РЦ «Плинор»).

По результатам оплодотворяемости телок случного возраста ($n = 43\ 400$ гол.), коров 1-й лактации ($n = 51\ 901$ гол.), 2-й лактации ($n = 89\ 881$ гол.), 3-й лактации и старше ($n = 42\ 015$ гол.) были получены статистические данные по оплодотворяющей способности семени 208 быков-производителей голштинской породы на популяции маточного поголовья Московской области. Результаты изменения оплодотворяемости коров и телок после однократного осеменения и непосредственно оценку быков-производителей по оплодотворяющей способности семени анализировали в динамике за 8-летний период (2015–2022 гг.).

Оценку племенной ценности быков-производителей осуществляли в рамках методологии BLUP. Частный случай модели BLUP Sire Model, использованный в исследовании, имел следующий вид:

$$F = \mu + \text{Year}_i + \text{Lact}_j + \text{sire}_k + e_{ijk},$$

где F – показатель фертильности быка-производителя; μ – популяционная константа; Year_i – год оценки (фиксированный эффект); Lact_j – номер лактации осемененной коровы (фиксированный эффект); sire_k – рандомизированный эффект быка-производителя; e_{ijk} – эффект неучтенных в модели факторов, остаток.

Оценку модели рассчитывали в среде RStudio с помощью языка программирования R версии 4.3.1 с применением библиотеки lme4 версии 1.1-35.1. Расчет оценок племенной ценности осуществляли в программах семейства BLUPF90 (renumf90, REMLF90) [10]. Для определения достоверности влияния паратипических и генетических факторов на исследуемый признак использовали дисперсионный анализ. Для определения сходимости рангов оценок племенной ценности быков по оплодотворяющей способности семени при осеменении коров разного возраста использовали коэффициент ранговой повторяемости, который рассчитывали как ранговый коэффициент корреляции по Спирмену.

Результаты исследований. В среднем за 2018–2022 гг. фенотипическое значение признака оплодотворяющей способности семени быков-производителей голштинской породы не превышало 50 %, по исследуемой популяции составило 44,3 %. Ежегодно у 38–45 % всех быков-производителей значение признака превышало 50 %.





Высокую оплодотворяемость коров после однократного осеменения наблюдали при использовании семени на телках случного возраста. Независимо от года исследования значение данного показателя составило 64,5–83 %, у коров 1-й лактации и старше – 39,4–37,2 % (таблица 1).

Таблица 1– Распределение фенотипических значений признака оплодотворяющей способности семени быков-производителей голштинской породы при осеменении коров разного возраста (2015–2022 гг., $n = 208$ гол.)

Table 1 – Distribution of phenotypic values of the sign of the fertilizing ability of the semen of Holstein bulls during insemination of cows of different ages (for the period 2015–2022, $n = 208$)

Год	Оплодотворяющая способность семени быков-производителей, %						В среднем по годам
	Телки случного возраста	Возраст коров, лактация					
		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	
2015	68,6	40,3	37,8	36,5	42,4	43,5	47,02
2016	70,4	38,7	34,9	34,2	37,2	33,7	42,97
2017	70,5	42,8	39,5	38,5	36,3	39,6	46,86
2018	69,8	40,8	39,6	37,6	36,8	38,0	43,32
2019	67,8	41,1	40,9	41,4	44,9	40,0	45,59
2020	71,9	41,5	37,8	41,0	38,1	39,0	45,07
2021	64,5	40,3	35,7	35,9	35,8	36,6	39,57
2022	83,1	37,3	37,6	34,0	36,3	42,8	44,71
В среднем по возрастам, %	69,8	39,4	36,6	37,2	37,9	37,2	
В среднем по популяции, %	44,3						

Для оценки изменчивости признака оплодотворяющей способности семени (ОСС) быка-производителя необходимо знать вклад каждого фактора в изменчивость данного признака посредством расчета доли влияния.

Дисперсионный анализ влияния генетических и паратипических факторов на исследуемый признак показал, что наибольшее достоверное влияние оказывал фактор лактации, т.е. возраст осеменяемой коровы ($\eta = 57,3 \%$, $p \leq 0,001$). Влияние генетического фактора (бык-производитель) – до 13 % (таблица 2). Такой фактор, как год (2015–2022 гг.) имел небольшое достоверное влияние – до 1,32 % всей изменчивости. Это нашло отражение в разбросе средних значений признака, отраженном в таблице 1: телки – 64,5–71,9 %, коровы 1-й лактации – 37,3–41,5 %, коровы 2-й лактации – 35,7–40,9 %, коровы 3-й лактации – 34,0–41,4 % и т.д. (см. таблицы 1, 2).

Таблица 2 – Влияние паратипических и генетических факторов на признак оплодотворяющей способности семени быков-производителей

Table 2 – The influence of paratypical and genetic factors on the trait of the fertilizing ability of the semen of sires

Показатель	Фенотипическое значение признака ОСС				
	<i>Df</i>	<i>Sum Sq</i>	<i>Mean Sq</i>	<i>Pr(>F)</i>	η , %
Год	7	4382	626	$3,88 \times 10^{-9***}$	1,32
Лактация	5	190812	38162	$<2,00 \times 10^{-16***}$	57,30
Бык-производитель	207	45339	219	$<2,00 \times 10^{-16***}$	13,62
Residuals	1140	92456	81		27,77

Примечание. *** $P \leq 0,001$; *Df* – число степеней свободы; *Sum Sq* – сумма квадратов; *Mean Sq* – средняя сумма квадратов; *Pr (>F)* – *p*-значение; η – сила влияния фактора.

Следует отметить, что повторяемость (или сходимость) фенотипических оценок быков, которые использовались как на телках случного возраста, так и на полновозрастных коровах крайне низкая ($r_w = -0,06 \dots 0,09$), совпадения рангов генетической оценки не более 24–27 %, что характеризует высокую изменчивость признака. Коэффициенты ранговой повторяемости оценок быков, которые использовались только на полновозрастных коровах, имеют более высокую повторяемость (или сходимость) по фенотипу ($r_w = 0,43 \dots 0,7$) и более высокие значения повторяемости непосредственно оценки ($r_w = 0,47 \dots 0,73$ на коровах 1–4-й лактации), таблица 3.

Таблица 3 – Повторяемость оплодотворяющей способности семени быков-производителей

Table 3 – The repeatability of the sign of the fertilizing ability of the semen of breeding bulls

Показатели	Телки случного возраста	1-я лактация	2-я лактация	3-я лактация	4-я лактация	5-я лактация
Телки случного возраста		0,07	0,07	-0,06	0,09	0,09
1-я лактация	0,24		0,43	0,45	0,57	0,57
2-я лактация	0,27	0,51		0,69	0,55	0,55
3-я лактация	0,12	0,45	0,73		0,61	0,61
4-я лактация	0,07	0,47	0,56	0,65		0,70
5-я лактация	0,13	0,05	0,35	0,43	0,45	

Примечание: фенотипическая (выше диагонали) / генетическая (ниже диагонали) повторяемость.

Заключение. В связи с высокой вариабельностью оплодотворяемости коров и низкой повторяемостью рангов оцененных производителей по оплодотворяющей способности семени, которые использовались как на телках, так и на коровах разного возраста, представляется возможным проводить оценку производителей по данному признаку отдельно на телках случного возраста и коровах 1-й лактации и старше. При таком подходе исключается влияние таких факторов, как продолжительность сервис-периода, уровень молочной продуктивности, состояние половой системы в послеотельный период.

Представляют интерес дальнейшие исследования по изучению влияния паратипических факторов на оценку производителей по оплодотворяющей способности семени.

Статья подготовлена в рамках выполнения темы государственного задания ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста FGGN-2024-0013, регистрационный номер – 124020200029-4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисенко В. Ю., Кузьмина Т. И., Бойцева Е. Н. Индукция капациации бычьих сперматозоидов до криоконсервации повышает их жизнеспособность после размораживания // Гены. Клетки. 2018. Т. XIII. № 2. С. 72–76. DOI: 10.23868/201808023.
2. Нарышкина Е. Н., Сермягин А. А. Оценка генетической и геномной вариабельности признаков фертильности быков-производителей на основе локусов в геноме, ассоциированных с давлением отбора (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 9. С. 64–72. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10912.
3. Некоторые аспекты воспроизводства крупного рогатого скота / А. И. Абилов [и др.]. СПб., 2019. 304 с.
4. Николаев С. В., Конопельцев И. Г. Оплодотворяемость коров и телок в зависимости от различных факторов и способы ее коррекции // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2019. Т. 240. № 4. С. 142–150. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-240-4-142-151.
5. Племяшов К. В., Никитин Г. С., Корочкина Е. А. Приемы повышения воспроизводительной функции в интенсивном молочном животноводстве. СПб., 2020. 226 с.
6. Поиск ассоциаций качества спермы быков с полиморфизмом гена ESR1 / Е. В. Никиткина [и др.] // Генетика и разведение животных. 2023. № 2. С. 14–19. DOI: org/10.31043/2410-2733-2023-2-14-19.
7. Пыжова Е., Иванов Ю., Ескин Г. Влияние комплекса признаков на качество спермы быков-производителей // Молочное и мясное скотоводство. 2011. № 1. С. 22–23.
8. Эффективный метод определения целостности акросомы сперматозоида у быков-производителей / С. М. Борунова [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. № 4. С. 29–34.
9. Bivariate analysis of conception rates and test-day milk yields in Holsteins using a threshold-linear model with random regressions / S. Tsuruta, I. Misztal, C. Huang, T. J. Lawlor // Journal of Dairy Science. 2009. Vol. 92. No. 6. P. 2922–2930. DOI: 10.3168/jds.2008-1707.
10. BLUPF90 and related programs (BGF90) / I. Misztal, S. Tsuruta, T. Strabel, B. Auvray, T. Druet, D. H. Lee // 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod INRA. Paris, France; 2002. P. 743–745.
11. Fair S., Lonergan P. Review: Understanding the causes of variation in reproductive wastage among bulls // Animal. 2018. Vol. 12. Sup. 1. P. 53–62. Available at: <https://doi.org/10.1017/S1751731118000964>.
12. Genetic parameters of semen quality traits and genetic correlations with service sire nonreturn rate in Nordic Holstein bulls / G. Gebreyesus, M. S. Lund, K. Kupisiewicz, G. Su // Journal of Dairy Science. 2021. Vol. 104. Is. 9. P. 10010–10019. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20403>.
13. Identification of differentially expressed mRNAs and miRNAs in spermatozoa of bulls of varying fertility / E. M. Donnellan, J. Ph. Perrier, K. Keogh, M. Štiavnická, C. M. Collins, E. M. Dunleavy, E. Sellem, N. C. Bernecic, P. Lonergan, D. A. Kenny, S. Fair // Frontiers in Veterinary Science. 2022. Vol. 9. Available at: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.993561>.



14. Lucy M. C. Symposium review: Selection for fertility in the modern dairy cow - Current status and future direction for genetic selection // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102. No. 4. P. 3706–3721. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15544>.

15. Measuring male-to-male differences in fertility or effects of semen treatments / R. P. Amann, R. G. Saacke, G. F. Barbato, D. Waberski // *Annual Review of Animal Biosciences*. 2018. No. 6. P. 255–286. Available at: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-030117-014829>.

16. Multiple trait genomic evaluation of conception rate in Holsteins / I. Aguilar, I. Misztal, S. Tsuruta, G. R. Wiggans, T. J. Lawlor // *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94. No. 5. P. 2621–2624. DOI: 10.3168/jds.2010-3893.

17. Sperm Functional Genome Associated With Bull Fertility / M. Özbek, M. Hitit, Ab. Kaya, F. D. Jousan, E. Memili // *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. Available at: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.610888>.

REFERENCES

1. Denisenko V. Yu., Kuzmina T. I., Boitseva E. N. Induction of bovine sperm capacitation before cryopreservation increases their viability after. *Genes. Cells*. 2018;XIII(2):72–76. (In Russ.). DOI: 10.23868/201808023.

2. Naryshkina E. N., Sermyagin A. A. Assessment of genetic and genomic variability of fertility traits of bulls based on loci in the genome associated with selection pressure (review). *Achievements of Science and Technology of the Agroindustrial Complex*. 2020;34(9):64–72. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10912.

3. Some aspect of the industry produces large horned Scotty / A. I. Abilov, K. V. Plemyashov, N. A. Kombarova, E. A. Panguzhova, N. M. Reshetnikova. Saint Petersburg; 2019. 304 p. (In Russ.).

4. Nikolaev S.V., Konopeltsev I. G. Fertilization of cows and heifers depending on various factors and methods of its correction. *Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine Named After N.E. Bauman*. 2019;240(4):142–150. (In Russ.). DOI: 10.31588/2413-4201-1883-240-4-142-151.

5. Plemyashov K. V., Nikitin G. S., Korochkina E. A. Methods of increasing reproductive function in intensive dairy farming. Saint Petersburg; 2020. 226 p. (In Russ.).

6. Search for associations of bovine sperm quality with ESR 1 gene polymorphism / E. V. Nikitina, A. A. Musidray, S. S. Bogdanova, A. A. Krutikova. *Animal Genetics and Breeding*. 2023;(2):14–19. (In Russ.). DOI: org/10.31043/2410-2733-2023-2-14-19.

7. Pyzhova E., Ivanov Yu., Eskin G. The influence of a complex of signs on the quality of sperm of producing bulls. *Dairy and Meat Cattle Breeding*. 2011;(1):22–23. (In Russ.).

8. An effective method for determining the integrity of the sperm acrosome in bulls / S. M. Borunova, B. S. Iolchiev, P. N. Abramov, O. E. Badmayev, A. V. Tajieva, A. S. Ribchenko. *Veterinary Medicine, Animal Science and Biotechnology*. 2017;(4):29–34. (In Russ.).

9. Bivariate analysis of conception rates and test-day milk yields in Holsteins using a threshold-linear model with random regressions / S. Tsuruta, I. Misztal, C. Huang, T. J. Lawlor. *Journal of Dairy Science*. 2009;92(6):2922–2930. DOI:10.3168/jds.2008-1707.

10. BLUPF90 and related programs (BGF90) / I. Misztal, S. Tsuruta, T. Strabel, B. Auvray, T. Druet, D. H. Lee. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod INRA. Paris, France; 2002. P. 743–745.

11. Fair S., Lonergan P. Review: Understanding the causes of variation in reproductive wastage among bulls. *Animal*. 2018;12(1):53–62. Available at: <https://doi.org/10.1017/S1751731118000964>.

12. Genetic parameters of semen quality traits and genetic correlations with ser-vic sire nonreturn rate in Nordic Holstein bulls / G. Gebreyesus, M. S. Lund, K. Kupisiewicz, G. Su. *Journal of Dairy Science*. 2021;104(9):10010–10019. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20403>.

13. Identification of differentially expressed mRNAs and miRNAs in sperma-tozoa of bulls of varying fertility / E. M. Donnellan, J. Ph. Perrier, K. Keogh, M. Štiavnická, C. M. Collins, E. M. Dunleavy, E. Sellem, N. C. Bernecic, P. Lonergan, D. A. Kenny, S. Fair. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022;9. Available at: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.993561>.

14. Lucy M. C. Symposium review: Selection for fertility in the modern dairy cow - Current status and future direction for genetic selection. *Journal of Dairy Science*. 2019;102(4):3706–3721. Available at: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15544>.

15. Measuring male-to-male differences in fertility or effects of semen treatments / R. P. Amann, R. G. Saacke, G. F. Barbato, D. Waberski. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2018;(6):255–286. Available at: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-030117-014829>.

16. Multiple trait genomic evaluation of conception rate in Holsteins / I. Aguilar, I. Misztal, S. Tsuruta, G. R. Wiggans, T. J. Lawlor. *Journal of Dairy Science*. 2011;94(5):2621–2624. DOI: 10.3168/jds.2010-3893.

17. Sperm Functional Genome Associated With Bull Fertility / M. Özbek, M. Hitit, Ab. Kaya, F. D. Jousan, E. Memili. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;8. Available at: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.610888>.

Статья поступила в редакцию 22.03.2024; одобрена после рецензирования 24.04.2024; принята к публикации 30.04.2024.
The article was submitted 22.03.2024; approved after reviewing 24.04.2024; accepted for publication 30.04.2024.

