

Селекционно-генетические параметры признаков собственной продуктивности быков-производителей в разные возрастные периоды

Елена Николаевна Нарышкина¹, Александр Николаевич Ермилов²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», Московская обл., городской округ Подольск, пос. Дубровицы, Россия, selection.76@mail.ru

²АО «Московское» по племенной работе, Московская обл., г. Ногинск, Россия, luchbulls_director@mail.ru

Аннотация. На основе расчета селекционно-генетических параметров основных показателей спермопродукции быков-производителей голштинской породы в разные возрастные периоды проведена оценка их собственной продуктивности под влиянием различных факторов. Факторы «год» и «год рождения» оказывают достоверное влияние на объем эякулята ($\eta = 2,4-4,0\%$ ***), общее количество сперматозоидов в эякуляте ($\eta = 3,7-2,8\%$ ***), концентрацию сперматозоидов ($\eta = 1,4-2,4\%$ ***). Фактор «возраст быка-производителя» также достоверно оказывает влияние на количественные показатели спермопродукции. Имеются достоверные различия по объему эякулята ($P \leq 0,001$, $R^2 = 0,93$), общему количеству сперматозоидов ($P \leq 0,001$, $R^2 = 0,85$). Концентрация сперматозоидов в 1 мл с возрастом снижается ($R^2 = 0,63$), в возрасте 1–2 года значение показателя выше, чем во все остальные возрастные периоды до 12 лет ($P \leq 0,001$). Объем эякулята и концентрация сперматозоидов имели относительно высокие коэффициенты наследуемости – 0,51 и 0,65 соответственно. Генетические и фенотипические корреляции между объемом и количеством сперматозоидов 0,68 и 0,52 определены средней взаимосвязью. Во все возрастные периоды взаимосвязь между показателями собственной продуктивности быков-производителей имела в основном линейный характер. Достоверно высокая корреляция между объемом и количеством спермиев в эякуляте была на уровне +0,59 ($P \leq 0,001$)...+0,66 ($P \leq 0,001$); между количеством и концентрацией спермиев на уровне +0,31 ($P \leq 0,001$)...+0,49 ($P \leq 0,001$) во все возрастные периоды.

Ключевые слова: бык-производитель; спермопродукция; возраст; дисперсионный анализ; наследуемость.

Для цитирования: Нарышкина Е. Н., Ермилов А. Н. Селекционно-генетические параметры признаков собственной продуктивности быков-производителей в разные возрастные периоды // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 44–49. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp44-49>.

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Original article

Breeding and genetic parameters of signs of own productivity of sires in different age periods

Elena N. Naryshkina¹, Alexander N. Ermilov²

¹Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Moscow region, city district Podolsk, pos. Dubrovitsy, Russia, selection.76@mail.ru

²JSC “Moskovskoe” for breeding work, Moscow region, Noginsk, Russia, luchbulls_director@mail.ru

Abstract. Based on the calculation of the selection and genetic parameters of the main indicators of sperm production of Holstein bulls in different age periods, an assessment of their own productivity under the influence of various factors was carried out. The factors “year” and “year of birth” have a significant effect on the volume of ejaculate ($\eta = 2.4-4.0\%$ ***), the total number of spermatozoa in the ejaculate ($\eta = 3.7-2.8\%$ ***), the concentration of spermatozoa ($\eta = 1.4-2.4\%$ ***). The factor «age of the bull» also significantly affects the quantitative indicators of sperm production. There are significant differences in the volume of ejaculate ($P \leq 0.001$, $R^2 = 0.93$), the total number of spermatozoa ($P \leq 0.001$, $R^2 = 0.85$). The concentration of spermatozoa in 1 ml decreases with age ($R^2 = 0.63$), at the age of 1-2 years, the indicator value is higher than in all other age periods up to 12 years ($P \leq 0.001$). The volume of ejaculate and the concentration of spermatozoa had relatively high heritability coefficients – 0.51 and 0.65, respectively. The genetic and phenotypic correlations between the volume and the number of spermatozoa of 0.68 and 0.52 are determined by the average relationship. In all age periods, the relationship between the indicators of the own productivity of producing bulls was mainly linear. A significantly high correlation between the volume and the number of sperms in the ejaculate was at the level of +0.59 ($P \leq 0.001$)...+0.66 ($P \leq 0.001$); between the number and concentration of sperms at the level of +0.31 ($P \leq 0.001$)...+0.49 ($P \leq 0.001$) in all age periods.

Keywords: bull; sperm production; age; variance analysis, heritability.

For citation: Naryshkina E. N., Ermilov A. N. Breeding and genetic parameters of signs of own productivity of sires in different age periods. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(2):44–49. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp44-49>.

Введение. Искусственное осеменение является одним из важнейших составляющих в программах разведения крупного рогатого скота. Более 90 % всего поголовья дойного стада коров осеменяется искусственно. Поэтому изучение селекционно-генетических параметров количественных признаков собственной продуктивности быков-производителей необходимо как для планирования оптимальных селекционных программ, так и для эффективной селекционной работы со стадом на современном уровне. Применение современных достижений в области популяционной генетики, биологии размножения необходимо для дальнейшего генетического прогресса в популяциях животных [6, 7].





Изучение факторов, влияющих на выработку спермы и ее качество, важно для более точной оценки прогнозировании фертильности быков-производителей с дальнейшим отбором их по показателям собственной продуктивности, оплодотворяющей способности с использованием геномной и биологической информации [2].

Значения показателей собственной продуктивности быков-производителей зависят множества факторов, как генетических, так и экологических (паратипических), таких как сезон года, возраст самого быка-производителя, режим использования, обслуживающий персонал и другие [2, 4, 8, 10, 11].

Большинство исследователей сходятся во мнении, что возраст быков-производителей оказывает влияние на качественные и количественные признаки собственной продуктивности [1, 5, 9, 10]. Исследования основных показателей спермопродукции быков в разные возрастные периоды в условиях Красноярского края показали, что быки-производители в возрасте до двух лет имеют пониженные биотехнологические показатели спермы, от двух до шести лет – стабильные значения, в возрасте старше шести лет отличаются снижением биотехнологических показателей спермопродукции [5].

По данным Е.М. Murphy и др. возраст быка влияет на объем эякулята, общее количество сперматозоидов ($P < 0,01$), концентрацию ($P < 0,05$) и подвижность сперматозоидов ($P < 0,01$). Объем эякулята имеет линейную взаимосвязь с возрастом быка (+0,5 мл каждый год, $r = 0,62$; $P < 0,01$). Общее количество сперматозоидов также увеличивалось с возрастом, причем быки в возрасте менее 1 года имели низкие значения данных показателей, в то время как в возрасте более 4 лет превосходили их ($P < 0,01$). Имеется линейная зависимость общего количества сперматозоидов и объема эякулята ($r = 0,71$; $P < 0,01$). Быки-производители в возрасте 1–2 года имели высокую концентрацию сперматозоидов в 1 мл по отношению к быкам старше 2 лет ($P < 0,05$) [10].

Исследования биотехнологических показателей качества спермопродукции быков-производителей показывают тенденцию увеличения объема нативной спермы и общего количества спермиев в полученном семени с увеличением возраста животных независимо от породной принадлежности разного экогенеза [1, 3].

Цель исследования – изучить селекционно-генетические параметры признаков собственной продуктивности быков-производителей в разные возрастные периоды; оценить влияние факторов возраста, года и года рождения быков-производителей на изменение значений показателей собственной продуктивности.

Методика исследований. Исследования проводили на основании первичной информации по количественным значениям собственной продуктивности быков-производителей голштинской породы 2002–2014 гг. рождения, используемых в хозяйствах Московской области за период 2012–2016 гг. В 2012 г. исследовано 5664 эякулята 119 быков-производителей, в 2013 г. – 5551 эякулят 130 быков, в 2014 г. – 5802 эякулята 152 быков, в 2015 г. – 4653 эякулята 148 быков и в 2016 г. – 5525 эякулятов 138 быков.

Учитываемые основные показатели собственной продуктивности быков-производителей: объем эякулята, мл; общее количество сперматозоидов в эякуляте, мл; концентрация сперматозоидов, млрд/мл.

Статистический анализ, дисперсионный анализ, проверку гипотез достоверности влияния различных факторов на значение показателей собственной продуктивности быков-производителей осуществляли с использованием языка R в среде RStudio.

Расчеты фенотипических и генетических корреляций, коэффициента наследуемости проводили с использованием программного обеспечения BLUPF90 методом ограниченного максимального правдоподобия (REML) с использованием программ RENUMF90.

Для оценки влияния исследуемых факторов (фиксируемый учетный год, возраст быка-производителя, режим использования, влияние самого быка-производителя) на количественные показатели собственной продуктивности использовали метод дисперсионного анализа по следующей статистической модели:

$$Y_{ijkn} = \mu + \text{fix_year}_i + \text{age}_j + \text{year_birth}_k + s_n + e_{ijkn},$$

где Y_{ijkn} – значение показателя собственной продуктивности быка-производителя; μ – среднее значение; fix_year_i – фиксируемый i -й учетный год; age_j – возраст j -го быка на момент сбора эякулята, лет; year_birth_k – k -й год рождения быка-производителя; s_n – n -й бык-производитель; e_{ijkn} – случайная ошибка.

При проверке значимости (достоверности влияния факторов) использовали F-критерий Фишера при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$. Для расчета необходимого количества попарных сравнений групповых средних в зависимости от влияния какого-либо из факторов на количественные признаки собственной продуктивности быков-производителей использовали статистический критерий Тьюки (Tukey's HSD test).

Результаты исследований. Результаты дисперсионного анализа позволяют отклонить нулевую гипотезу и сделать вывод, что дисперсии сравниваемых групп под влиянием какого-либо из факторов достоверно различаются. Наибольшее влияние или вклад изучаемого фактора в общую изменчивость количественных признаков собственной продуктивности производителей оказывает фактор самого быка-производителя, сила влияния составила 23,9; 14,9; 27,7 % (табл. 1).

Фактор «год» также оказывает достоверное влияние на объем эякулята ($\eta = 2,4$ %), общее количество и концентрацию сперматозоидов в 1 мл ($\eta = 3,7$ и $1,4$ % соответственно). Значения объема эякулята в разные промежутки времени достоверно отличаются друг от друга в среднем на 0,2–0,8 мл ($P \leq 0,001$), кроме 2013–2016 гг., где разница составила 0,1 мл.

Возрастные различия показателя объема эякулята быков-производителей носят скачкообразный характер, но тенденция изменения указывает на то, что значение данного показателя увеличивается с возрастом, коэффициент детерминации высокий и составляет 0,93 (рис. 1).

Влияние различных факторов на значение показателей собственной продуктивности быков-производителей (дисперсионный анализ)

Показатель	Df	Объем эякулята, мл			Общее кол-во спермиев, млрд			Концентрация спермиев, млрд/мл		
		Sum Sq	F-value	η , %	Sum Sq	F-value	η , %	Sum Sq	F-value	η , %
Год	4	1992	250,6***	2,4	7807	325,3***	3,7	36,4	142,6***	1,4
Возраст	11	3954	180,9***	4,8	3243	49,1***	1,5	51,5	73,3***	2,0
Год рождения	13	3316	128,3***	4,0	5917	75,9***	2,8	61,2	73,7***	2,4
Бык-производитель	210	19738	47,3***	23,9	31154	24,7***	14,9	714,5	53,3***	27,7
Residuals (остаток)	26731	53572		64,9	161334		77,3	1716		66,5

* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$ (здесь и далее).

Объем эякулята производителей в годовалом возрасте был достоверно ниже на 0,3–2,2 мл ($P \leq 0,001$) по отношению к другим возрастным группам до 12 лет. В 2–3 года объем эякулята достоверно ниже на 0,3–1,8 мл ($P \leq 0,001$) в сравнении с быками 5–6 лет и старше. В 6–7-летнем возрасте различия по объему эякулята достоверно отличаются от аналогичного показателя у быков-производителей 8 лет и более ($P \leq 0,01$). К 12-летнему возрасту объем эякулята в среднем увеличивается на 33–35 % (у некоторых быков-производителей до 45–52 %), C_v – 30–36 % (табл. 2).

На объем эякулята также оказывает влияние год рождения производителя (рис. 2). Так, производители, рожденные в 2010 г., имели низкий показатель объема эякулята в возрасте 1–2 года в среднем на 1,26–2,08 мл ($P \leq 0,001$) по отношению к сверстникам 2011–2015 гг.

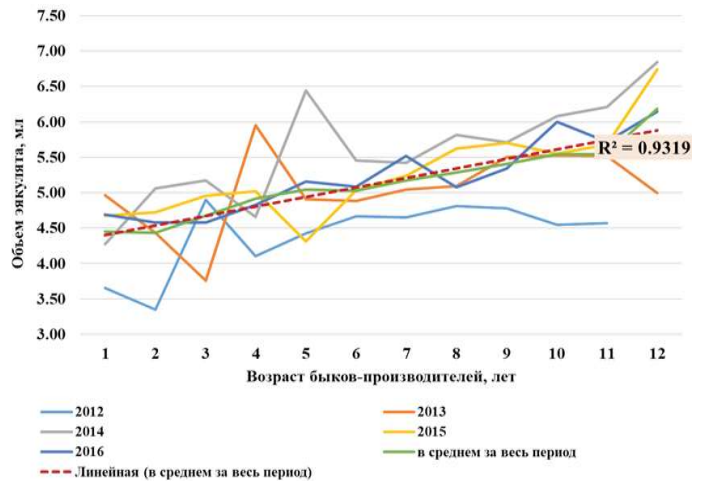


Рис. 1. Изменение значения объема эякулята быков-производителей в разные возрастные периоды

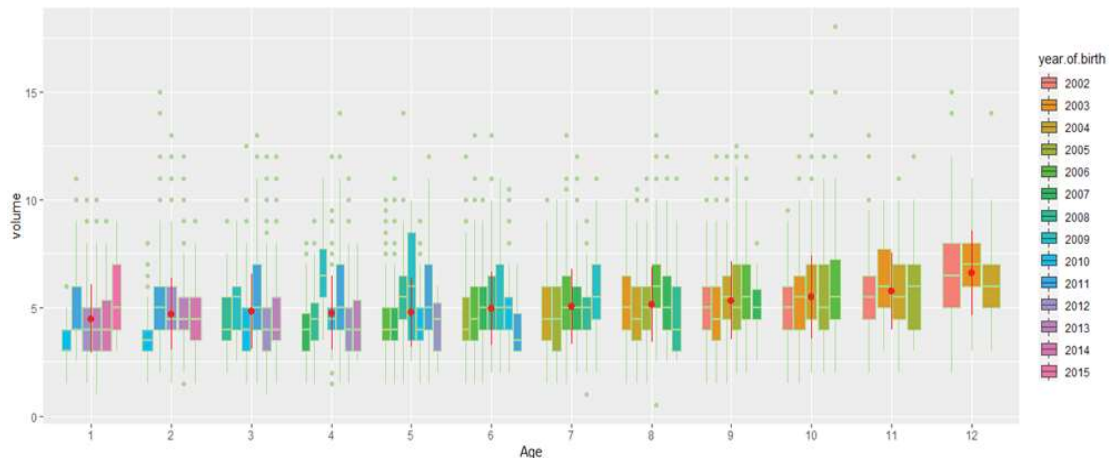


Рис. 2. Изменение значения объема эякулята быков-производителей в зависимости от года рождения в разные возрастные периоды

В возрасте от 3 до 6 лет высокие значения данного показателя имели быки, рожденные в 2009 и 2011 гг., по отношению к 2010 и 2012 гг. в среднем на 0,92–1,43 мл ($P \leq 0,001$); 1,06–2,04 мл ($P \leq 0,01$); 1,45–2,01 мл ($P \leq 0,001$) соответственно. В возрасте 7–10 лет преимущество имели производители 2006 г.р. ($P \leq 0,001$). Старше 10 лет различия недостоверны и разница между средними показателями в пределах ошибки (см. рис. 2).

Фактор года оказывает различное влияние на общее количество сперматозоидов в эякуляте в разные возрастные периоды быков-производителей. Так, допустим, в 2012 и 2014 гг. наблюдалась четкая тенденция увеличения данного показателя вплоть до 10-летнего возраста (рис. 3).

Таблица 2

Изменчивость признаков собственной продуктивности быков-производителей разного возраста

Показатель	Возраст, лет											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Объем эякулята, мл	34,9	35,4	35,8	36,0	33,6	34,1	34,5	33,8	33,5	34,5	31,0	29,5
Общее кол-во спермиев, млрд	44,8	42,3	42,9	40,8	39,2	38,7	39,6	39,7	38,8	40,9	39,8	38,1
Концентрация спермиев, млрд/мл	22,9	22,2	23,1	21,7	22,2	21,1	21,3	22,1	23,4	22,2	23,3	22,4



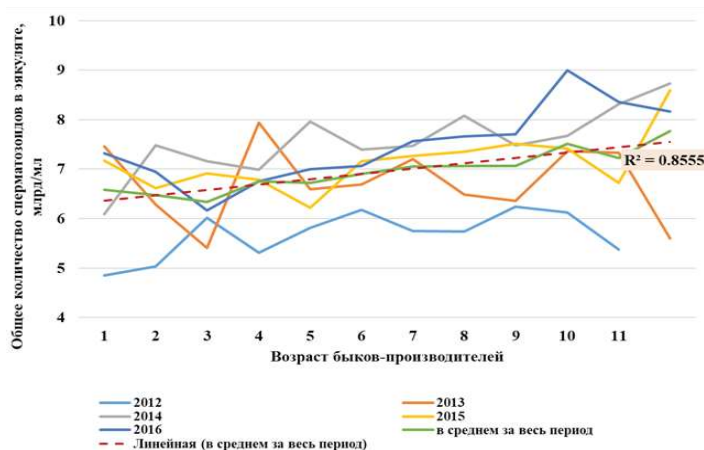


Рис. 3. Изменение значения общего количества сперматозоидов в эякуляте быков-производителей в разные возрастные периоды

количества сперматозоидов в возрасте 1–3 года в среднем на 2,13–3,02 ($P \leq 0,001$); 1,51–2,27 ($P \leq 0,01$); 0,24–1,63 ($P \leq 0,05$) млрд в сравнении с 2011–2015 гг. (рис. 4).

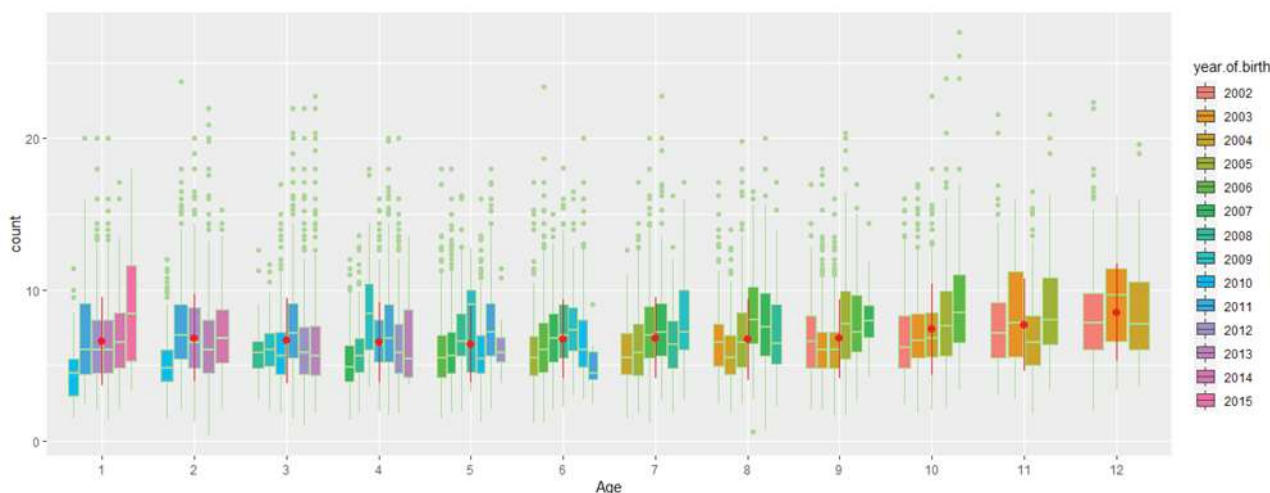


Рис. 4. Изменение значения общего количества сперматозоидов в эякуляте быков-производителей в зависимости от года рождения в разные возрастные периоды

В возрасте 4–7 лет высоким значением показателя отличались быки 2009 г.р. ($P \leq 0,001$) по отношению к животным 2005–2008 г.р. Следует отметить, что независимо от года рождения и учетного года показатели объема эякулята и общего количества сперматозоидов с возрастом увеличиваются (см. рис. 1–4).

Концентрация сперматозоидов в 1 мл – важный показатель, объединяющий предыдущие два. Значения данного показателя в разные промежутки времени значимо различаются между собой, кроме 2013–2015 и 2014–2016 гг. (рис. 5). Наиболее низкие значения данного показателя отмечаются в 2012 г. ($P \leq 0,001$). На представленном графике отражена тенденция снижения концентрации сперматозоидов с возрастом, коэффициент детерминации составляет 0,63.

По результатам проведения множественного попарного сравнения достоверно различаются значения показателя в возрасте 1–2 года со значениями признака во все остальные возрастные периоды до 12 лет ($P \leq 0,001$), в возрасте

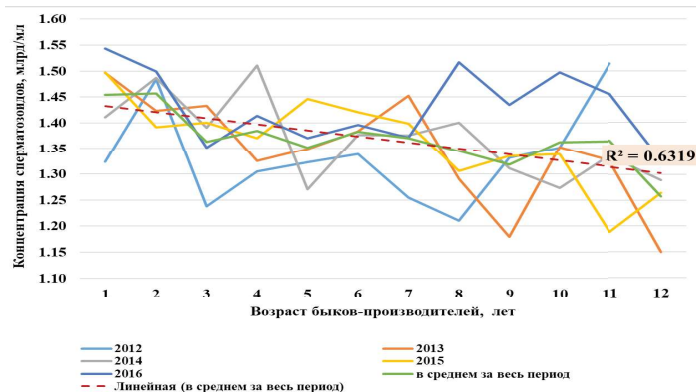


Рис. 5. Изменение значения концентрации сперматозоидов в 1 мл в эякуляте быков-производителей в разные возрастные периоды

В другие годы наблюдалось снижение данного показателя с 3 до 5-летнего возраста, что отразилось на общем среднем показателе. При этом коэффициент детерминации достаточно высокий и составляет 0,85. К 12-летнему возрасту общее количество сперматозоидов в среднем увеличивалось до 25 %. Следует отметить, что данный показатель имеет высокую изменчивость, коэффициент вариации C_v – 38–44 % (см. табл. 2).

При множественном попарном сравнении разновозрастных групп имеются достоверные различия по общему количеству сперматозоидов в эякуляте быков в возрасте 1–8 и 10–12 лет в сторону увеличения значения показателя в среднем на 0,95–1,98 млрд спермиев ($P \leq 0,001$).

Производители, рожденные в 2010 г., имели достоверно низкие значения показателя общего

количества сперматозоидов в эякуляте быков в возрасте 1–8 и 10–12 лет в сторону увеличения значения показателя в среднем на 0,95–1,98 млрд спермиев ($P \leq 0,001$). Производители, рожденные в 2010 г., имели достоверно низкие значения показателя общего количества сперматозоидов в эякуляте быков в возрасте 1–8 и 10–12 лет в сторону увеличения значения показателя в среднем на 0,95–1,98 млрд спермиев ($P \leq 0,001$). Быки-производители, рожденные в 2010–2011 гг. в возрасте 1–2 года имели низкие показатели концентрации сперматозоидов в 1 мл в сравнении с 2014–2015 г.р. на 0,18–0,19 ($P \leq 0,001$) – 0,13–0,15 млрд/мл ($P \leq 0,001$). В возрасте 3–6 лет высокие значения данного показателя имели быки 2010 и 2012 г.р. С 7-летнего возраста стабильно низкие показатели имели быки, рожденные в 2004 г. ($P \leq 0,001$), рис. 6.



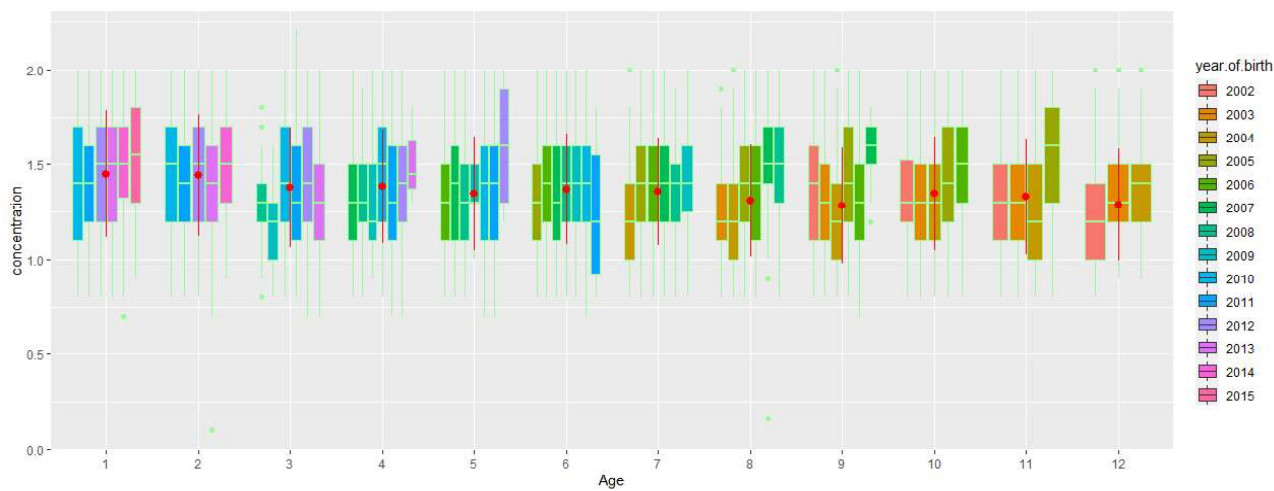


Рис. 6. Изменение значения концентрации сперматозоидов в 1 мл в эякуляте быков-производителей в зависимости от года рождения в разные возрастные периоды

Наследуемость – один из важных селекционно-генетических параметров. Объем эякулята и концентрация сперматозоидов имели относительно высокие коэффициенты наследуемости – 0,51 и 0,65 соответственно. Таким образом, 51 и 65 % фенотипической вариации обусловлено генетическими различиями животных. Общее количество сперматозоидов имеет невысокий коэффициент наследуемости – 0,25 и высокую фенотипическую изменчивость – до 44 % (табл. 3).

Таблица 3

Показатели наследуемости, генетические (выше диагонали) и фенотипические корреляции (ниже диагонали) основных признаков собственной продуктивности быков-производителей голштинской породы

Показатель	Объем эякулята, мл	Общее кол-во спермиев, млрд	Концентрация спермиев, млрд/мл
Объем эякулята, мл	0,51	0,68	0,03
Общее кол-во спермиев, млрд	0,52	0,25	0,15
Концентрация спермиев, млрд/мл	0,05	0,36	0,65

Высокие генетические и фенотипические корреляции между объемом и количеством сперматозоидов 0,68 и 0,52 соответственно указывают на то, что между признаками имеется средняя взаимосвязь, т.е. 68 и 52 % изменчивости одного признака объясняются изменчивостью другого признака. Низкая генетическая и фенотипическая корреляции между объемом и концентрацией сперматозоидов 0,03 и 0,05 соответственно указывают на то, что между признаками взаимосвязь стремится к нулю, т.е. изменчивость этих признаков практически не зависит друг от друга.

Взаимосвязь между количественными переменными имела в основном линейный характер.

Достоверно высокая корреляция между объемом и количеством спермиев на уровне +0,59...+0,66 и между количеством и концентрацией на уровне +0,31...+0,44 имеется во все возрастные периоды (табл. 4).

Таблица 4

Корреляционная взаимосвязь признаков собственной продуктивности быков-производителей в разные возрастные периоды

Возраст, лет											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Объем эякулята – количество сперматозоидов											
0,69**	0,67***	0,65**	0,66***	0,63***	0,64**	0,66***	0,63***	0,59***	0,62**	0,62**	0,61*
Объем эякулята – концентрация в 1 мл											
0,13*	0,001	-0,05**	-0,10**	-0,10***	-0,12***	-0,09***	-0,09***	-0,17***	-0,09***	0,02	-0,01
Концентрация в 1 мл – количество сперматозоидов											
0,49***	0,44**	0,36***	0,31***	0,34***	0,31***	0,31***	0,32***	0,32**	0,34**	0,44*	0,44*

В первые 2 года использования быков при объеме эякулята на уровне до 5 мл достаточно высокое значение концентрации – 1,44 млрд/мл. При этом наблюдается небольшая положительная взаимосвязь +0,13 ($P \leq 0,05$). С увеличением возраста взаимосвязь приобретает слабый отрицательный характер -0,05...-0,17 ($P \leq 0,001$), см. табл. 4.

У быков-производителей старше 10 лет взаимосвязи между признаками не наблюдается. Характер взаимосвязи свидетельствует о независимой изменчивости двух признаков (нет линейной взаимосвязи).

Заключение. Несмотря на то, что результаты дисперсионного анализа указывают на достоверное влияние какого-либо учитываемого фактора, важно выяснить, между какими группами имеются достоверные различия.



Так, при влиянии фактора «год» по значению показателя объем эякулята не обнаружено достоверных различий между средними значениями в группах 2013–2016 гг., по количеству сперматозоидов – 2015–2016 гг., по концентрации – 2013–2015 и 2014–2016 гг.

Факторы «возраст быка-производителя» и «год рождения» оказывают достоверное влияние на изменчивость количественных признаков собственной продуктивности быков-производителей. Причем независимо от влияния данных факторов значение показателей объема эякулята и общего количества сперматозоидов с возрастом увеличивается.

Объем эякулята и концентрация сперматозоидов имели относительно высокие коэффициенты наследуемости – 0,51 и 0,65 соответственно.

Генетические и фенотипические корреляции между объемом и количеством сперматозоидов 0,68 и 0,52 определены средней взаимосвязью.

Между объемом и концентрацией сперматозоидов генетическая и фенотипическая корреляции соответственно 0,03 и 0,05, взаимосвязь стремится к нулю, т.е. изменчивость этих признаков практически не зависит друг от друга.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Минобрнауки России № 0445-2021-0016.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова Н. Д., Падерина Р. В., Шляпина М. В. Биотехнологические показатели качества спермопродукции быков-производителей в ОАО «Невское» // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 144–148.
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.
3. Самусенко Л. Д. Биотехнологические показатели спермопродукции быков-производителей разного экогенеза // Биология в сельском хозяйстве. 2020. № 3(28). С. 23–26.
4. Харитонов С. Н., Янчуков И. Н., Ермилов А. Н. Оценка изменений качественных характеристик спермопродукции быков-производителей и ее оплодотворяющей способности // Известия ТСХА. 2011. Вып. 5. С. 101–110.
5. Четвертакова Е. В. Влияние возраста быков на биотехнологические показатели спермы // Вестник КрасГАУ. 2013. № 4. С. 151–154.
6. Шульга Л. П. Селекционная и информационная составляющие молочного скотоводства России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 43. С. 94–100.
7. Янчуков И. Н., Ермилов А. Н., Харитонов С. Н., Осадчая О. Ю. Основные параметры селекционной программы совершенствования популяции черно-пестрого скота Московской области // Известия ТСХА. 2011. Вып. 6. С. 127–135.
8. Boujenane Is., Boussaq Kh. Environmental effects and repeatability estimates for sperm production and semen quality of Holstein bulls // Archiv fur Tierzucht. 2013. URL: <https://www.researchgate.net/publication/258808865/> (дата обращения: 14.06.2021).
9. Fuerst-Walt B., Schwarzenbacher H., Perner Ch., Sölkner J. Effects of age and environmental factors on semen production and semen quality of Austrian Simmental bulls // Animal Reproduction Science. 2006. Vol. 95(1-2). P. 27–37.
10. Murphy E. M., Kelly A. K., O'Meara C., Eivers B., Lonergan P., Fair S. Influence of bull age, ejaculate number, and season of collection on semen production and sperm motility parameters in Holstein Friesian bulls in a commercial artificial insemination centre // J. Animal Science. 2018. Vol. 96. P. 2408–2418.
11. Yin H., Fang L., Qin Ch., Zhang Sh. Estimation of the genetic parameters for semen traits in Chinese Holstein bulls // BMC Genetics. 2019. URL: <https://www.researchgate.net/publication/333683544/> (дата обращения: 14.06.2021).

REFERENCES

1. Vinogradova N.D., Paderina R.V., Shlyapina M.V. Biotechnological indicators of the quality of sperm production of bulls-producers in JSC “Nevsky”. *Izvestia of St. Petersburg State Agrarian University*. 2015;(39):144–148. (In Russ.).
2. Naryshkina E. N., Sermyagin A.A. Assessment of genetic and genomic variability of fertility traits in stud bulls based on loci associated with selection pressure (review). *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020;34(9):64–72. (In Russ.).
3. Samusenko L.D. Biotechnological indicators of sperm production of bulls-producers of different ecogenesis. *Biology in agriculture*. 2020;3(28):23–26. (In Russ.).
4. Kharitonov S.N., Yanchukov I.N., Ermilov A.N. Assessment of changes in the qualitative characteristics of sperm production of breeding bulls and its fertilizing ability. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2011;(5):101–110. (In Russ.).
5. Chetvertakova E. V. Influence of the age of bulls on biotechnological parameters of sperm. *The Bulletin of KrasGAU*. 2013;(4):151–154. (In Russ.).
6. Shulga L.P. Breeding and informational components of dairy cattle breeding in Russia. *Izvestiya of St. Petersburg State Agrarian University*. 2016;(43): 94–100. (In Russ.).
7. Yanchukov I.N., Ermilov A.N., Kharitonov S.N., Osadchaya O.Yu. The main parameters of the breeding program for improving the population of black-and-white cattle of the Moscow region. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2011;(6):127–135. (In Russ.).
8. Boujenane Is., Boussaq Kh. Environmental effects and repeatability estimates for sperm production and semen quality of Holstein bulls // Archiv fur Tierzucht. 2013. URL: <https://www.researchgate.net/publication/258808865/> (date of application: 06/14/2021).
9. Fuerst-Walt B., Schwarzenbacher H., Perner Ch., Sölkner J. Effects of age and environmental factors on semen production and semen quality of Austrian Simmental bulls. *Animal Reproduction Science*. 2006;95(1-2):27–37.
10. Murphy E. M., Kelly A. K., O'Meara C., Eivers B., Lonergan P., Fair S. Influence of bull age, ejaculate number, and season of collection on semen production and sperm motility parameters in Holstein Friesian bulls in a commercial artificial insemination centre. *J. Animal Science*. 2018;(96):2408–2418.
11. Yin H., Fang L., Qin Ch., Zhang Sh. Estimation of the genetic parameters for semen traits in Chinese Holstein bulls. *BMC Genetics*. 2019. URL: <https://www.researchgate.net/publication/333683544/> (date of application: 06/14/2021).

*Статья поступила в редакцию 12.07.2021; одобрена после рецензирования 14.10.2021; принята к публикации 25.10.2021.
The article was submitted 12.07.2021; approved after reviewing 14.10.2021; accepted for publication 25.10.2021.*

