

Разведение животных

Рубрика

doi.org/10.31043/2410-2733-2024-1-39-46
УДК 636.1:636.061.4

И. П. Комлык, И. А. Лепешева, А. Е. Болгов

Ассоциации показателей фертильности племенных коров айрширской породы в условиях Европейского Севера России**Аннотация.**

Фертильность коров как способность производить потомство имеет базовое значение для оптимизации воспроизводства стада в молочном скотоводстве. С ростом величины удоя у современных коров до 8–10 тыс. кг молока и более ухудшаются их репродуктивные способности. Фертильность коров является сложным признаком, характеризуется многими показателями и обусловлена комплексом факторов.

Цель: выявление и характеристика ассоциаций показателей фертильности, их взаимосвязь, зависимость от уровня удоя у коров айрширской породы.

Материалы и методы. Исследования проводили на коровах айрширской породы племенного завода «Мегрега» (Республика Карелия). Средний удой на корову составляет свыше 9000 кг молока в год. Показатели фертильности учтены за 5 лет по данным 3866 лактаций. Анализировали взаимосвязи этих показателей и их ассоциаций с величиной удоя.

Результаты. Возраст коров не оказал существенного влияния на параметры фертильности. Моделирование отбора по уровню удоя в текущую лактацию показало существенное ухудшающее влияние более высокого удоя на репродуктивные признаки. Повышение величины удоя коров от 5000 до 10000 кг молока и более сопровождалось увеличением у них индифференс-периода (ИП) на 38,4; периода осеменения (ПО) – на 50,5; сервис-периода (СП) – на 88,9 дня; индекса осеменения (ИО) – с 1,25 до 2,27; ранней эмбриональной гибели (РЭГ) – с 3,1 до 13,3 % ($P < 0,001$); оплодотворяемость от первого осеменения (ОПО) снизилась с 78,1 до 33,6 %. Оптимальным периодом для проведения осеменения после отела высокопродуктивных коров является 100–120 дней. Установлена положительная корреляция между величиной удоя и продолжительностью ИП ($r = + 0,11–0,18$, $P < 0,001$).

Заключение. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейших исследованиях по разработке селекционных индексов, селекция по которым может обеспечить высокий генетический тренд по удою при сохранении и развитии прогрессирующей плодовитости молочных коров.

Ключевые слова: коровы, воспроизводство молочного скота, ассоциации показателей фертильности, индифференс-период, ранняя эмбриональная гибель, молочная продуктивность, лактация.

Авторы:

Комлык И. П. – кандидат сельскохозяйственных наук; e-mail: irinakoml@rambler.ru;

Лепешева И. А. – кандидат сельскохозяйственных наук; e-mail: lepesheva.irina@yandex.ru;

Болгов А. Е. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; e-mail: bolg@petrsu.ru.

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»; 185910, Россия, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33.

Введение. Фертильность – один из самых сложных полифакторных показателей воспроизводства КРС. На способность производить потомство оказывают влияние генотип и широкий комплекс физиологических [1–3] и паратипических факторов [4].

Результирующий эффект взаимодействия генотипа и производственной среды на репродуктивные качества коров сложно предугадать. Такие факторы, как условия содержания и кормления, оказывают влияние не только на фертильность, но и на характер генетической

взаимосвязи между показателями воспроизводительной функции и другим важнейшим хозяйственно-полезным признаком – молочной продуктивностью коров [5, 6]. Наследуемость показателей, характеризующих плодовитость, отличается низкими значениями [7]. Все это существенно затрудняет выбор стратегии отбора по фертильности и репродуктивную эффективность в современных молочных стадах [8].

Доминирующая роль генетического совершенствования скота по молочной продуктивности привела к ухудшению состояния здоровья жи-

вотных, снижению показателей воспроизводства [9, 10]. Это подтверждается установленной отрицательной корреляцией ($r = -0,2-0,7$) между плодовитостью и молочностью коров [11, 12].

Интенсивное производство молока само по себе не всегда оказывает негативное воздействие на здоровье и фертильность. Антагонистический характер связи между данными признаками в большинстве случаев связывают с синдромом субфертильности, который характерен для высокопродуктивных коров в период раздоя. Причиной этого является энергетическая несбалансированность рациона, когда энергия корма не компенсирует ее затраты на производство молока. Вследствие мобилизации жировой ткани у молочного скота наблюдаются типичные биохимические изменения сыворотки крови [13, 14], которые оказывают токсичное влияние на яйцеклетку, что приводит к снижению ее созревания и способности эмбриона к развитию [15]. Гибель эмбрионов на ранних стадиях развития, уровень которой под воздействием различных факторов может варьировать в пределах 5–40 % и выше [16], является одной из причин низкой фертильности коров.

Таким образом, уровень фертильности коров обусловлен комплексом физиологических, наследственных, продуктивных, кормовых факторов, а также взаимосвязью и взаимовлиянием разных показателей фертильности.

Эти взаимосвязи можно рассматривать как ассоциации показателей фертильности, исследование которых актуально с позиции поиска путей повышения эффективности воспроизводства стада молочных коров. Имеющиеся в литературе результаты отдельных исследований носят противоречивый характер, что вызывает необходимость дальнейшего накопления знаний в этой области.

Цель исследований — выявление и характе-

ристика ассоциаций показателей фертильности, их взаимосвязь, зависимость от уровня удоя у племенных коров айрширской породы в условиях Европейского Севера России.

Материалы и методы. Работа выполнена в стаде племенного завода «Мегрега» по разведению Карельского типа айрширского скота (Республика Карелия). Средний удой на фуражную корову составляет свыше 9000 кг молока.

На комплексе используется круглогодичное беспривязное и беспастбищное содержание животных. На одну корову в год расходуется 8000–8500 кг корм. ед. Доля концентрированных кормов по питательности в структуре годового рациона составляет в среднем 57 %.

В работе исследовали следующие показатели фертильности: период (дни) от отела до первого осеменения — индифференс-период (ИП), период от первого до плодотворного осеменения — период осеменения (ПО), период от отела до плодотворного осеменения — сервис-период (СП), оплодотворяемость после первого осеменения (%) — ОПО, число осеменений на зачатие (разы) — индекс осеменения (ИО), ранняя эмбриональная гибель (%) — РЭГ, величина удоя за первые 305 дней лактации (кг) — ВУ.

Показатели фертильности учитывали у коров по данным 3866 лактаций. Использованы базы данных (программа СЕЛЭКС), «Журналы отелов, осеменений, запусков коров». Для регистрации ранней эмбриональной гибели применен косвенный метод путем учета удлиненных интервалов (25–35 дней) между смежными осеменениями [17, 18]. Частоту РЭГ определяли как процентное отношение числа удлиненных интервалов к общему числу обследованных коров.

Биометрическая обработка данных проведена в программе Excel с определением средних

Таблица 1. Показатели продуктивности и фертильности у коров разного возраста

Показатели	Возраст, лактация				
	1	2	3	4	5 и старше
	$\bar{X}+m$	$\bar{X}+m$	$\bar{X}+m$	$\bar{X}+m$	$\bar{X}+m$
n	1310	1047	686	462	361
ВУ, кг	7236+29	8124+40	8238+54	8226+65	7908+69
ИП, дней	91,8+1,2	90,5+1,3	89,5+1,4	89,9+2,0	93,3+2,5
ПО, дней	42,9+1,7	41,2+1,8	41,5+2,3	38,5+2,7	40,2+2,9
СП, дней	134,7+1,9	131,6+2,1	130,9+2,5	128,3+3,3	133,5+3,6
ИО	1,91+0,03	1,90+0,04	1,84+0,04	1,82+0,05	1,84+0,05
ОПО, %	48,5	49,6	51,3	51,3	48,2
РЭГ, %	10,6	9,6	10,4	11	12,5

значений ($\bar{X}$) и ошибки средней (m). Достоверность различий сравниваемых средних значений оценивали с использованием критерия Стьюдента и критерия χ^2 .

Результаты и обсуждение. Исследованные показатели фертильности коров по величине были типичны для созданных в данном эксперименте зоотехнических условий. Возраст животных не повлиял на параметры фертильности (табл. 1). Отмечена тенденция к росту частоты РЭГ у самых старых коров.

В ранее проведенных исследованиях [19] в условиях низкой обеспеченности рациона энергией частота гибели эмбрионов была существенно выше — 19,1–38,9 %. Подтвержден вывод многих исследователей [13, 16 и др.] о решающей роли энергетической несбалансированности рациона в снижении фертильности коров, в том числе жизнеспособности эмбрионов.

Уровень удоя оказал существенное ухудшающее влияние на все показатели фертильности коров (табл. 2). Повышение величины удоя у коров с менее 5000 кг до 10000 кг молока и более сопровождалось увеличением у них ИП на 38,4, ПО — на 50,5, СП — на 88,9 дня. Сильно ухудшились оплодотворяемость — снизилась с 78,1 до 33,6 %, индекс осеменения — увеличился с 1,25 до 2,27, РЭГ — увеличилась с 3,1 до 13,3 % ($P<0,001$). Следовательно, при одновременном протекании лактационного и воспроизводительного циклов у коров формируются четкие и достоверные с обратной связью ассоциации величин

удоя с показателями фертильности.

Что касается связи показателей фертильности в текущую лактацию с величиной удоя в предшествующую лактацию у тех же коров, то ассоциативные связи сохраняются, но они ослабевают, и их динамика иногда носит противоречивый характер (рис. 1).

Можно предположить, что это происходит под влиянием физиологических, паратипических и иных факторов, меняющих показатели продуктивности и воспроизводства животных при смене смежных лактаций. Из всех показателей фертильности особое место принадлежит индифференс-периоду, который открывает новый половой цикл и обуславливает характеристики большинства других показателей фертильности. С удлинением ИП достоверно улучшается один из ключевых признаков воспроизводства — оплодотворяемость от первого осеменения (табл. 3).

При самом коротком ИП (менее 30 дней), сразу после восстановления у коров цикличности, оплодотворяемость была минимальной — 31,3 %. Более длительный период ожидания (до 60 дней) также оказался не эффективным с точки зрения показателей ИО и ОПО ($P<0,001$), РЭГ ($P<0,05$). Это указывает на необходимость увеличения времени, требующегося для окончания послеродовых инволюционных процессов у коров. Лучшие показатели оплодотворяемости, кратности (ИО) и периода осеменения зафиксированы у коров с индифференс-периодом более 120 дней. В целом по исследуемому поголовью

Таблица 2. Показатели фертильности коров в зависимости от величины удоя в текущую лактацию

Удой, кг	n	ВУ, кг	ИП, дней	ПО, дней	СП, дней	ИО	ОПО, %	РЭГ, %
<5000	32	4429 +80	72,5+5,6	15,0+6,0	87,5+8,8	1,25+0,09	78,1	3,1
5000-5499	76	5263+16	70,4+4,3	23,9+5,3	94,3+6,3	1,59+0,13*	68,4	6,6
5500-5999	155	5759+12	77,1+3,0	19,8+3,5	96,9+4,6	1,43+0,07	71	9
6000-6499	307	6277+8	80,6+2,1*	23,9+2,4	104,5+3,2	1,50+0,04*	64,5	5,5
6500-6999	480	6767+7	88,3+1,8**	30,9+2,4*	119,2+2,8***	1,65+0,04***	57,9	8,1
7000-7499	591	7242+6	89,5+1,7**	34,6+2,1**	124,1+2,5***	1,80+0,04***	51,9*	10,5
7500-7999	573	7735+6	91,1+1,7**	38,1+2,3***	129,2+2,8***	1,87+0,05***	49,4***	14,1
8000-8499	536	8247+6	91,5+1,8**	46,1+2,6***	137,7+2,9***	1,99+0,05***	45,1***	9,3
8500-8999	386	8749+7	93,3+1,9***	52,1+3,2***	145,5+3,4***	2,03+0,06***	40,9***	9,3
9000-9499	291	9242+8	97,3+2,9***	55,9+3,6***	153,2+3,9***	2,22+0,08***	37,8***	16,5*
9500-9999	175	9721+10	100,2+3,3***	69,7+5,9***	169,9+6,0***	2,27+0,10***	35,4***	10,9
>10000	256	10611+35	110,9+3,0***	65,5+4,6***	176,4+5,0***	2,27+0,08***	33,6***	13,3***

Различия с градацией <5000 кг статистически значимы соответственно при * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$.

была установлена положительная корреляция между удоем и ИП ($r = +0,11-0,18$, $P < 0,001$). Однако у коров данной градации достоверных различий по величине удоя и показателям воспроизводства с коровами, имевшими индифференс-период 90-119 дней, не установлено. Это дает основание считать оптимальным периодом для проведения осеменения после отела высокопродуктивных коров третью-четвертую охоту.

Наиболее четкое влияние продолжительности ИП на показатели фертильности и характер их взаимосвязей проявилось у коров в первую лактацию (рис. 2). Это подтверждает мнение о том, что первотелки испытывают более серьезное воздействие метаболических процессов на репродуктивную функцию вследствие продолжающегося

роста, что требует дополнительного расходования энергетических и пластических ресурсов [20].

Полученные результаты согласуются с данными о том, что продление добровольного периода ожидания (VWP) с 50 до 200 дней улучшает цикличность яичников и репродуктивные показатели молочных коров, а именно приводит к меньшему периоду осеменения [21].

Закключение. Таким образом, исследования ассоциативных связей между показателями фертильности коров и их взаимосвязей с величиной удоя позволило выявить новые факторы отбора коров на совмещение высокой молочной продуктивности с хорошей плодовитостью. Величина индифференс-периода сочетается с другими показателями фертильности, которые в итоге влияют на

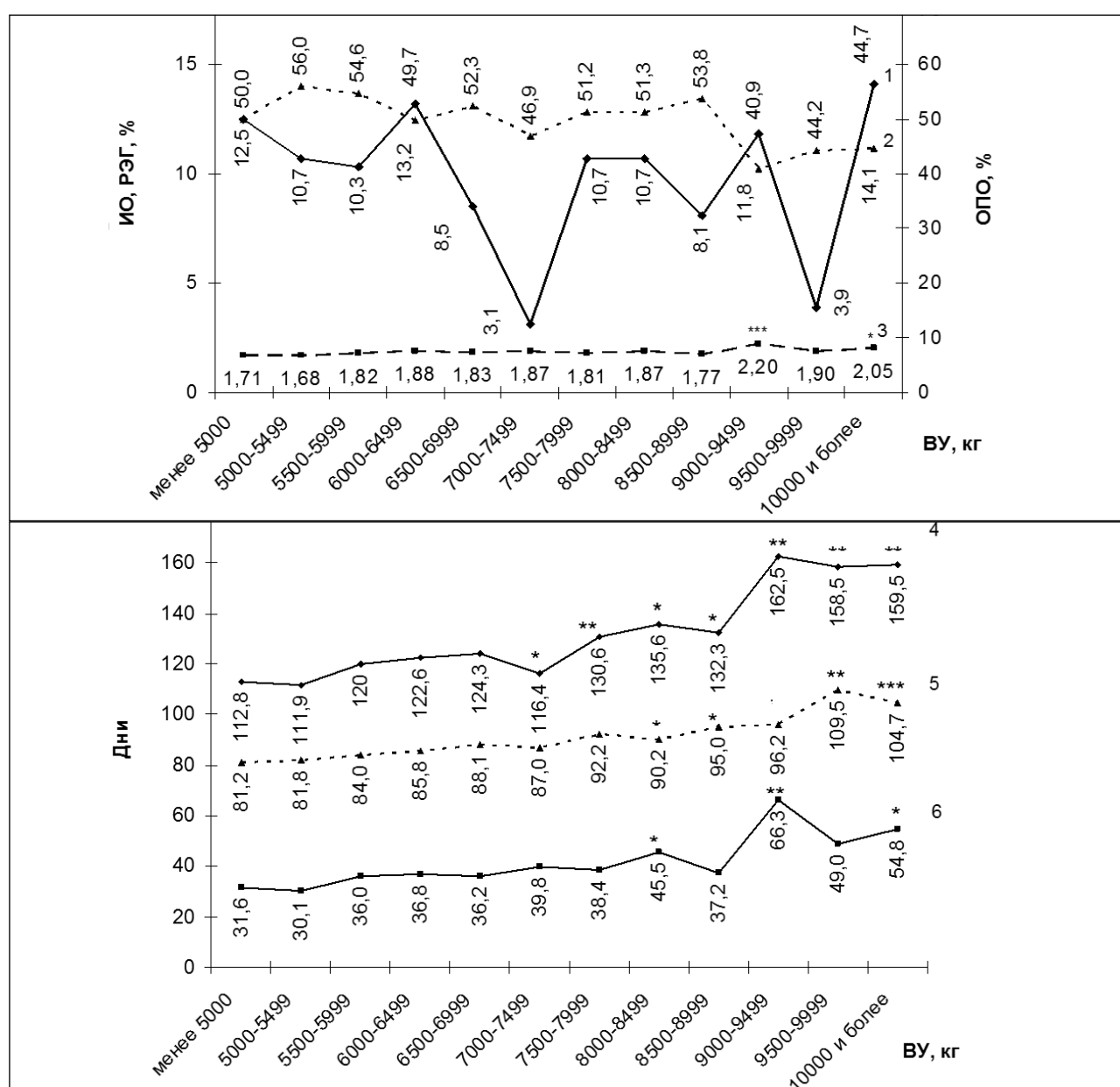


Рис. 1. Динамика показателей фертильности коров в зависимости от величины удоя в предшествующую лактацию: 1 – РЭГ, 2 – ОПО, 3 – ИО, 4 – СП, 5 – ИП, 6 – ПО. Различия с градацией 5000–5499 кг статистически значимы соответственно при * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

репродуктивную эффективность животных. В связи с этим оптимизацию величины ИП можно считать ключевым фактором успешного воспроизводства стада в молочном скотоводстве.

Полученные результаты могут быть использо-

ваны в дальнейших исследованиях по разработке селекционных индексов, использование которых в селекции может обеспечить высокий генетический тренд по удою при сохранении и развитии прогрессирующей плодовитости молочных коров.

Таблица 3. Показатели фертильности коров в зависимости от продолжительности индифференс-периода (среднее по выборке)

Показатели	Градации по продолжительности индифференс-периода, дней				
	Менее 30	30–59	60–89	90–119	120 и более
n	32	910	1216	900	808
ВУ, кг	7161+198	7535+43	7698+36**	8018+42***	8197+50***
ИП, дн.	25,0+0,7	47,2+0,3	74,3+0,3	103,4+0,3	154,0+1,3
ПО, дн.	79,0+15,1	51,2+2,1	41,4+1,6*	38,3+1,8*	32,2+1,9**
СП, дн.	104,0+15,0	98,4+2,2	115,7+1,6	141,7+1,8*	186,2+2,3***
ИО	2,81+0,33	2,07+0,04*	1,90+0,03*	1,82+0,03**	1,65+0,03***
ОПО, %	31,3	42,6	49,4*	49,3*	58,8**
РЭГ, %	15,6	11,5	11,5	10	8,2

Различия с градацией менее 30 дней статистически значимы соответственно при *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001.

Литература

- Manriquez D. Effect of body condition change and health status during early lactation on performance and survival of Holstein cows. / D. Manriquez, W. W. Thatcher, Santos J. E. P., et al. // J. Dairy Sci. – 2021. – Vol. 104. – P. 12785–12799. doi:10.3168/jds.2020-20091.
- Аминова А. Л. Репродуктивный статус коров в зависимости от продуктивности и количества лактаций / А. Л. Аминова [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2019. – № 6. – С. 29–31.
- Tagesu A. Review on the Reproductive Health Problem of Dairy Cattle / A. J. Tagesu // Dairy and Vet. Sci. – 2018. – Vol. 5.: 555655. doi: 10.19080/JDVS.2018.05.555655.
- Beever D. E. The impact of controlled nutrition during the dry period on dairy cow health, fertility and performance / D. E. Beever // Animal Reproduction Sci. – 2006. – Vol. 96. – P. 212–226.
- Liu A. Genotype by environment interaction for female fertility traits under conventional and organic production systems in Danish Holsteins / A. Liu, G. Su, J. Høglund, et al. // J. Dairy Sci. – 2019. – Vol. 102. – P. 8134–8147. doi: 10.3168/jds.2018-15482.
- Yamazaki T. Genetic parameters for conception rate and milk production traits within and across Holstein herds with different housing types and feeding systems during the first 3 lactations / T. Yamazaki, S. Yamaguchi, H. Takeda, et al. // J. Dairy Sci. – 2020. – Vol. 103. – P. 10361–10373. doi: 10.3168/jds.2020-18494.
- Tiezzi F. Genetic parameters for fertility of dairy heifers and cows at different parities and relationships with production traits in first lactation / F. Tiezzi, C. Maltecca, A. Cecchinato, et al. // J. Dairy Sci. – 2012. – Vol. 95. – P. 7355–7362. doi: 10.3168/jds.2012-5775.
- Luf E. Associations between herd characteristics and reproductive efficiency in dairy herds / E. Luf, H. Gustafsson, U. Emanuelson // J. Dairy Sci. – 2007. – Vol. 90. – P. 4897–4907.
- Титова С. В. Воспроизводительные качества молочных коров при разном уровне удоя / С. В. Титова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 22. – С. 589–596. doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22A589-596.
- Hyun-Joo L. Survey on the incidence of reproductive disorders in dairy cattle / L. Hyun-Joo, Y. Ho-Beak, I. Harim, et al. // J. Embryo Transfer. – 2015. – Vol. 30. – P. 59–64. doi: 10.12750/JET.2015.30.1.59.
- Кузнецов В. М. Генетическая обусловленность болезней репродуктивной системы у коров в субпопуляциях / В. М. Кузнецов, Г. Б. Ревина, Л. И. Асташенкова // Вестн. Рос. сельск. н. – 2019. – № 6. – С. 63–67.

12. Chegini A. Genetic and environmental relationships among milk yield, persistency of milk yield, somatic cell count and calving interval in Holstein cows Revista / A. Chegini, A. A. Shadparvar, N. G. Hossein-Zadeh, et al. // Colombiana de Ciencias Pecuaria Colomb Cienc Pecu. — 2019. — V. 32. — P. 81–89. doi:10.17533/udea.rccp.v32n2a01.
13. Синева А. М. Метаболический профиль крови молочных коров в динамике послеродового периода при восстановлении и депрессии овуляторной функции яичников / А. М. Синева, А. В. Лысенко, А. Г. Нежданов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. — 2020. — № 1. — С. — 59–63.
14. Shin E.K. Relationships among ketosis, serum metabolites, body condition, and reproductive outcomes in dairy cows / E.K. Shin, J.K. Jeong, I.S. Choi, et al. // Theriogenology. — 2015. — V. 84. — P. 252–260 doi: 10.1016/j.theriogenology.2015.03.014.
15. Leroy J. The consequences of metabolic changes in high-yielding dairy cows on oocyte and embryo quality / J. Leroy, A. Van Soom, G. Opsomer, et al. // Animal. — 2008. — V. 2. — P. 1120–1127. doi:10.1017/S1751731108002383.
16. Puklova P. Embryonic mortality in Holstein cows on one's farm / P. Puklova, J. Šubrt, D. Skrip, et al. // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. — 2011. — V. 59. — P. 211–218. doi: 10.11118/actaun201159010211.
17. Братанов К. Теория и практика воспроизведения животных / К. Братанов [и др.]. — М.: Колос, 1984. — 272 с.
18. Хантер Р. Х. Ф. Физиология и технология воспроизводства домашних животных / Р. Х. Ф. Хантер. — М.: Колос, 1984. — 320 с.
19. Факторы инцидентности ранней гибели эмбрионов у молочных коров / А. Е. Болгов [и др.]. — Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2015. — 85 с.
20. Ettema J.F. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms / J.F. Ettema, J.E. Santos // J. Dairy Sci. — 2004. — V. 87. — P. 2730–2742.
21. Ma J. Consequences of extending the voluntary waiting period for insemination on reproductive performance in dairy cows / J. Ma, E. E. A. Burgers, A. Kok, et al. // Animal Reproduction Science. — 2022. — V. 244.: 107046. doi: 10.1016/j.anireprosci.2022.107046.

Komlyk I., Lepesheva I., Bolgov A.

Associations of fertility indicators of breeding Ayrshire cows in the conditions of the European North of Russia

Abstract.

The fertility of cows as the ability to produce offspring has a fundamental importance for optimizing the reproduction of the herd in dairy cattle breeding. With the increase in the value of milk yield in modern cows up to 8–10 thousand kg of milk and more, their reproductive abilities deteriorate.

Objective: identification and characterization of associations of fertility indicators, their relationship, dependence on the level of milk yield in Ayrshire cows.

Materials and methods. The research was held on cows of the Ayrshire breed of the breeding plant «Megrega» (Republic of Karelia). The average milk yield per cow is over 9000 kg of milk per year. Fertility indicators were taken into account for 5 years according to 3866 lactation data. The interrelations of these indicators and their associations with the value of milk yield were analyzed.

Results. The age of the cows did not significantly affect on the fertility parameters, which were almost the same from the first to the fifth calving. An increase in the milk yield during the current lactation had a significant worsening effect on reproductive characteristics. The increase in milk yield from 5000 kg to 10000 kg and more was accompanied by an increase in their the indifference period (IP) by 38.4; the period of insemination (PI) – by 50.5; the service period (SP) – by 88.9 days; number of inseminations per conception – conception index (CI) – from 1.25 to 2.27; early embryonic death (EED) – from 3.1 to 13.3 % ($P < 0.001$); fertilization from the first insemination – conception rate (CR) decreased from 78.1 to 33.6 %. The period from calving to the first insemination plays a special role among all fertility indicators. The best fertility rates were recorded in cows with an indifferent period of 100–120 days. A positive correlation was established between milk yield and IP ($r = + 0.11-0.18$, $P < 0.001$).

Conclusions. The obtained results can be used in further research on the development of breeding indices, the selection of which can provide a high genetic trend in milk yield while maintaining and developing progressive fertility of dairy cows.

Key words: cows, reproduction of dairy cattle, associations of fertility indicators, indifference period, early embryonic death, milk productivity, lactation.

Authors:

Komlyk I. – PhD (Agr. Sci.);

Lepesheva I. – PhD (Agr. Sci.);

Bolgov A. – Dr. Habil. (Agr. Sci.).

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Petrozavodsk State University»; 185910, Russia, Republic of Karelia, Petrozavodsk, Ave. Lenin, 33.

References

1. Manriquez D. Effect of body condition change and health status during early lactation on performance and survival of Holstein cows. / D. Manriquez, W. W. Thatcher, Santos J. E. P., et al. // J. Dairy Sci. – 2021. – Vol. 104. – P. 12785–12799. doi:10.3168/jds.2020-20091.
2. Aminova A. L. Reproductive status of cows depending on productivity and number of lactations / A. L. Aminova [et al.] // Military and meat cattle breeding. – 2019. – № 6. – P. 29–31.
3. Tagesu A. Review on the Reproductive Health Problem of Dairy Cattle / A. J. Tagesu // Dairy and Vet. Sci. – 2018. – Vol. 5.: 555655. doi: 10.19080/JDVS.2018.05.555655.
4. Beever D. E. The impact of controlled nutrition during the dry period on dairy cow health, fertility and performance / D. E. Beever // Animal Reproduction Sci. – 2006. – Vol. 96. – P. 212–226.
5. Liu A. Genotype by environment interaction for female fertility traits under conventional and organic production systems in Danish Holsteins / A. Liu, G. Su, J. Høglund, et al. // J. Dairy Sci. – 2019. – Vol. 102. – P. 8134–8147. doi: 10.3168/jds.2018-15482.
6. Yamazaki T. Genetic parameters for conception rate and milk production traits within and across Holstein herds with different housing types and feeding systems during the first 3 lactations / T. Yamazaki, S. Yamaguchi, H. Takeda, et al. // J. Dairy Sci. – 2020. – Vol. 103. – P. 10361–10373. doi: 10.3168/jds.2020-18494.
7. Tiezzi F. Genetic parameters for fertility of dairy heifers and cows at different parities and relationships with production traits in first lactation / F. Tiezzi, C. Maltecca, A. Cecchinato, et al. // J. Dairy Sci. – 2012. – Vol. 95. – P. 7355–7362. doi: 10.3168/jds.2012-5775.
8. Luf E. Associations between herd characteristics and reproductive efficiency in dairy herds / E. Luf, H. Gustafsson, U. Emanuelson // J. Dairy Sci. – 2007. – Vol. 90. – P. 4897–4907.
9. Titova S. V. The reproducing qualities of dairy cows at different levels of the udoi / S. V. Titova // Agrarian science of the Euro-Sevan-East. – 2021. – № 22. – P. 589–596. doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22A589-596.
10. Hyun-Joo L. Survey on the incidence of reproductive disorders in dairy cattle / L. Hyun-Joo, Y. Ho-Beak, I. Harim, et al. // J. Embryo Transfer. – 2015. – Vol. 30. – P. 59–64. doi: 10.12750/JET.2015.30.1.59.
11. Kuznetsov V. M. Genetic conditionality of diseases of the reproductive system in cows in subpopulations / V. M. Kuznetsov, G. B. Revina, L. I. Astashenkova // Vestn. Ros. agriculture. n. – 2019. – № 6. – P. 63–67.

12. Chegini A. Genetic and environmental relationships among milk yield, persistency of milk yield, somatic cell count and calving interval in Holstein cows Revista / A. Chegini, A. A. Shadparvar, N. G. Hossein-Zadeh, et al. // Colombiana de Ciencias Pecuaria Colomb Cienc Pecu. – 2019. – V. 32. – P. 81–89. doi.org/10.17533/udea.rccp.v32n2a01.
13. Sineva A. M. Metabolic profile of the blood of dairy cows in the dynamics of the postpartum period in the restoration and depression of the ovulatory function of the ovary / A. M. Sineva, A. V. Lysenko, A. G. Nezhdanov // Bulletin of Russian Agricultural Science. – 2020. – № 1. – P. – 59–63.
14. Shin E.K. Relationships among ketosis, serum metabolites, body condition, and reproductive outcomes in dairy cows / E.K. Shin, J.K. Jeong, I.S. Choi, et al. // Theriogenology. – 2015. – V. 84. – P. 252–260. doi: 10.1016/j.theriogenology.2015.03.014.
15. Leroy J. The consequences of metabolic changes in high-yielding dairy cows on oocyte and embryo quality / J. Leroy, A. Van Soom, G. Opsomer, et al. // Animal. – 2008. – V. 2. – P. 1120–1127. doi:10.1017/S1751731108002383.
16. Puklova P. Embryonic mortality in Holstein cows on one's farm / P. Puklova, J. Šubrt, D. Skrip, et al. // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. – 2011. – V. 59. – P. 211–218. doi: 10.11118/actaun201159010211.
17. Bratanov K. Theory and practice of animal reproduction / K. Bratanov [et al.]. – M.: Kolos, 1984. 272 с.
18. Hunter R. Kh.F. Physiology and technology for the reproduction of pets / R. Kh.F. Hunter. - M.: Kolos, 1984. – 320 p.
19. Factors of the incidents of the early death of embryos in dairy cows / A. E. Bolgov [et al.]. -Petrozavodsk: Publishing House PetrGU, 2015. – 85 p.
20. Ettema J. F. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms / J. F. Ettema, J.E. Santos // J. Dairy Sci. – 2004. – V. 87. – P. 2730–2742.
21. Ma J. Consequences of extending the voluntary waiting period for insemination on reproductive performance in dairy cows / J. Ma, E.E.A. Burgers, A. Kok, et al. // Animal Reproduction Science. – 2022. – V. 244.: 107046. doi: 10.1016/j.anireprosci.2022.107046.