Аграрный научный журнал. 2025. № 11. С. 64–68
Agrarian Scientific Journal. 2025;(11):64–68

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

Научная статья
УДК 636.2.082
https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp64-68

Молочная продуктивность и лактационная деятельность коров-первотелок симментальской породы с разными генотипами по ген укаппа-казеина

Виолетта Александровна Дунина[1], Владимир Александрович Трофимов[2], Екатерина Ивановна Анисимова[1], Екатерина Ряшитовна Гостева[1], Елена Владимировна Киселева[2]
[1]Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, г. Саратов, Россия
[2]Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, г. Саранск, Россия
e-mail: duninawa@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты молекулярно-генетического анализа полиморфизма каппа-казеина в группе коров-первотелок симментальской породы. Выявлено 58,82 % животных с гомозиготным генотипом АА и 41,18 % с гетерозиготным АС. Исследования проводили в стаде симментальского скота «Агрофирмы «Рубеж» (Саратовская область) с 2023 по 2024 г. Установлено влияние генотипов по гену CSN3 на молочную продуктивность. Так, по удою за 305 дней лактации, содержанию жира и его количеству преимущество особей с гетерозиготным генотипом АВ над гомозиготным АА составило 98,8 кг, 0,15 % и 16,33 кг ($P \geq 0,95$) соответственно. Более высоким показателем постоянства лактации отличались животные с генотипом АВ – 79,07 %, у сверстниц с генотипом АА – 74,7 %. Коэффициент устойчивости лактации составил по обеим группам от 101,4 до 104,58. Это означает высокий уровень молочной продуктивности во второй половине лактационной деятельности. У коров исследуемых групп выявлена высокая устойчивая лактация.

Ключевые слова: коровы, генотип, ген каппа-казеин, молочная продуктивность, лактационная кривая
Для цитирования: Дунина В. А., Трофимов В. А., Анисимова Е. И., Гостева Е. Р., Киселева Е. В. Молочная продуктивность и лактационная деятельность коров-первотелок симментальской породы с разными генотипами по гену каппа-казеина // Аграрный научный журнал. 2025. № 11. С. 64–68. https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp64-68.

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE
Original article

Milk productivity and lactation activity of the first-heifer cows of the Simmental breed with different genotypes according to the kappa-casein gene

Violetta A. Dunina[1], Vladimir A. Trofimov[2], Ekaterina I. Anisimova[1], Ekaterina R. Gosteva[1], Elena V. Kiseleva[2]
[1]Federal Agrarian Scientific Center of the South-East Region, Saratov, Russia
[2]National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russia
e-mail: duninawa@mail.ru

Abstract. The article presents the results of molecular genetic analysis of kappa-casein polymorphism in a group of first-calf Simmental cows, which revealed 58.82 % of animals with the homozygous AA genotype and 41.18 % with the heterozygous AC. The studies were conducted in the herd of Simmental cattle of the «Agrofirm «Rubezh» in the Saratov Region from 2023 to 2024. The influence of genotypes for the CSN3 gene on milk productivity was established, so in terms of milk yield for 305 days of lactation, fat content and its amount, the advantage was in individuals with the heterozygous AB genotype over the homozygous AA by 198.8 kg, 0.15 % and 16.33 kg ($P \geq 0.95$), respectively. A higher lactation constancy rate was obtained in animals with the AB genotype – 79.07 %, against 74.7 % in peers with the AA genotype. The coefficient of lactation stability was 101.4–104.58 for both groups, which means that in the second half of lactation activity there is a high level of milk productivity. The cows of the studied groups showed high stable lactation.

Keywords: cows, genotype, kappa-casein gene, milk productivity, lactation curve

For citation: DuninaV. A., Trofimov V. A., Anisimova E. I., Gosteva E. R., Kiseleva E. V. Milk productivity and lactation activity of the first-heifer cows of the Simmental breed with different genotypes according to the kappa-casein gene. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal.* 2025;(11):64–68. (In Russ.). https://doi.org/10.28983/asj.y2025i11pp64-68.

Введение. Развитие молочного скотоводства является приоритетным направлением агропромышленного комплекса Российской Федерации [2]. Повысить эффективность селекционно-племенной работы, уровень молочной продуктивности и качественные показатели молока коров можно за счет применения маркерной селекции и ДНК-технологий [9]. В настоящее время во многих странах используют генетические маркеры, одним из которых является ген каппа-казеина (CSN3). Он оказывает большое влияние на технологические характеристики молока, качество конечной молочной продукции и является важным селекционным критерием для молочных пород крупного рогатого скота [6, 12]. Внедрение в производство молекулярно-генетических методов позволит повысить эффективность молочного скотоводства и качество молочной продукции [5].

Увеличение продолжительности продуктивного использования маточного поголовья является одним из ключевых факторов повышения эффективности не только молочного скотоводства, но и всех отраслей животноводства, что способствует селекционному прогрессу стада [4]. Молочная продуктивность – главный селекционный и технологический признак в условиях любой технологии. Заданный удой можно получить от коров с высокой и равномерной лактацией нормальной продолжительности. Поэтому устойчивость лактации является важным технологическим фактором [3, 11]. Данный признак следует учитывать в практической селекции, так как животные с выровненным типом лактации отличаются длительностью продуктивного долголетия [7, 8].

Симменталы – одна из выдающихся пород двойного направления продуктивности, удачно сочетающая в себе хорошие показатели молочной и мясной продуктивности. Животные характеризуются высокой адаптационной пластичностью, крепкой конституцией, хорошей воспроизводительной способностью. Однако у них относительно укороченная лактация [1].

Цель наших исследований – изучение влияния генотипов генакаппа-казеина на молочную продуктивность и лактационную деятельность первотелок симментальской породы.

Материалы и методы. В «Агрофирме «Рубеж» Пугачевского района Саратовской области с 2023 по 2024 г. на коровах-первотелках (n = 51) симментальской породы проводили исследования с использованием методов молекулярной генетики в соответствии с методическими рекомендациями ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева» [10]. ДНК выделяли из проб крови с помощью набора «ДНК-ЭКСТРАН-1». Для оценки количества и чистоты ДНК использовали спектрофотометрический метод; для определения полиморфизма гена CSN3 – ПЦР в реальном времени с помощью амплификатора CFX96 и прибора TouchQuantStudio 5. По результатам анализа ДНК животных разделили на две группы – с генотипами АА и АВ.

Молочную продуктивность учитывали ежемесячно в период проведения контрольных доек. Изучали характер лактационных кривых коров-первотелок с разными генотипами каппа-казеина по А.С. Емельянову. Термоустойчивость молока определяли согласно ГОСТ 25228-82; сычужную свертываемость (сыропригодность) молока – по методике в модификации З.Х. Диланяна.

Результаты исследований. В ходе исследований, проведенных на коровах-первотелках симментальской породы (n = 51 гол.), по гену каппа-казеина (CSN3) было выявлено 58,82 % животных с генотипом АА, с генотипом АВ – 41,18 %. Частота встречаемости А-аллеля – 79,4 %, В-аллеля – 20,6 % (рисунок 1).

Показатели удоя у коров гетерозиготного варианта АВ были выше в сравнении со сверстницами гомозиготного варианта АА на 198,09 кг (P≤0,95), таблица 1.

По содержанию жира в молоке разница составила 0,15 % с преимуществом у животных с гетерозиготным генотипом. По выходу жира значимое превосходство отмечали у коров генотипа АВ над животными с генотипом АА на 16,33 кг, или 7,74 % (P≥0,95). По МДБ разница между группами составила 0,07 %, по выходу белка – на 3,19 кг, при недостоверной разнице между группами.

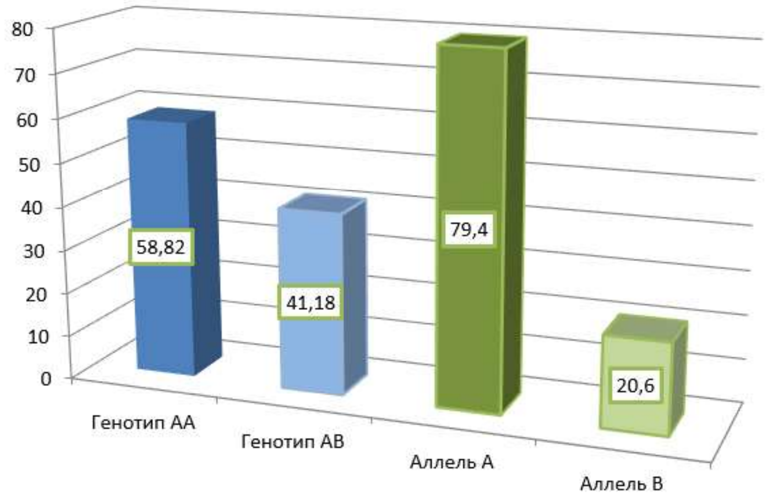

Рисунок 1 – Частота встречаемости генотипов и аллелей,%

Figure 1 – Frequency of occurrence of genotypes and alleles, %

Таблица 1 – Влияние генотипов по гену CSN3 на молочную продуктивность и качество молока

Table 1 – The influence of CSN3 gene genotypes on milk productivity and milk quality

Показатель	Генотип		Разница
	АА (*n*=30)	АВ (*n*=21)	генотип АВ к АА
Удой за 305 дней лактации, кг	5347,69±144,99	5545,78±161,47	+ 198,09
МДЖ, %	3,94±0,07	4,09±0,20	+0,15
Молочный жир, кг	211,07±6,13	227,4±7,0*	+16,33
МБД, %	3,37±0,04	3,30±0,04	– 0,07
Молочный белок, кг	180,27±5,57	183,46 ±6,36	+ 3,19
Сычужная свертываемость, класс	II	II	–
Термоустойчивость, группа	2-я	2-я	–

*$P \leq 0{,}95$.

Важным технологическим свойством молока является термоустойчивость. В результате исследований было выявлено, что молоко животных с разными генотипами обладало хорошей термоустойчивостью (2-я группа). По результатам сычужной пробы, молоко коров исследуемых групп по генотипам АА и АВ было отнесено ко II классу качества, что свидетельствует о его сыродельческих свойствах.

Также важнейшим технологическим признаком является устойчивость лактации. На рисунке 2 отображены лактационные кривые коров-первотелок с различными генотипами по гену CSN3. У животных обеих групп отмечали высокую устойчивую лактацию, относящуюся к первому типу по классификации А.С. Емельянова.

Первотелки с гетерозиготным генотипом АВ отличались наибольшей продуктивностью на третьем месяце лактации (671,77 кг), а первотелки с гомозиготным генотипом АА – на четвертом (669,26 кг). Наибольшие удои по месяцам лактации, кроме 4-го месяца, были у животных с гетерозиготным генотипом.

Показатель постоянства лактации у коров-первотелок с генотипом АВ составил 79,07 %, у сверстниц с генотипом АА – 74,7 %, что говорит о более выравненной и более стабильной лактации в группе с гетерозиготным генотипом (таблица 2). Показатель коэффициента устойчивости лактации исследуемых групп был высоким и достигал 104,58 и 101,4 %, коэффициент спадаемости лактационной кривой в обеих группах был низким – 8,78 и 12,46 % (лактация учитывалась со 2-го по 7-й месяц).

В таблице 3 представлены показатели корреляционных связей между признаками молочной продуктивности и лактационной деятельностью. По данным корреляционного анализа, связь

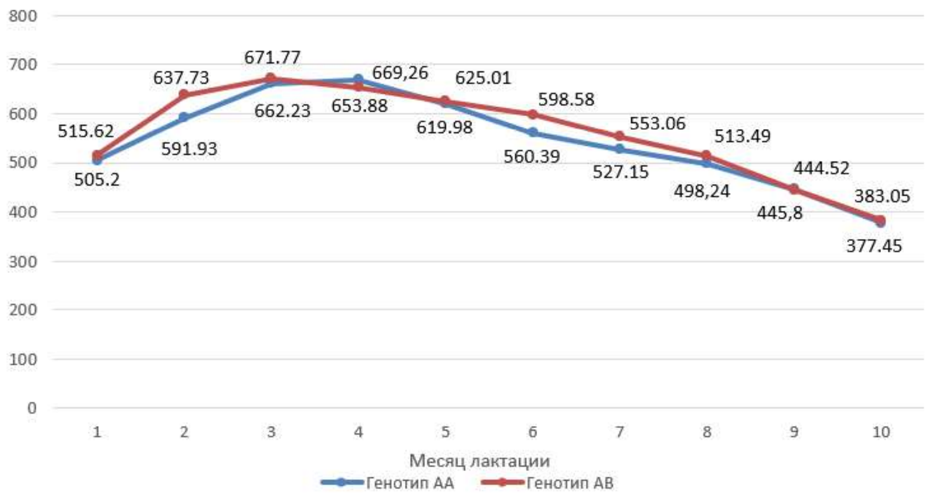

Рисунок 2 – Лактационные кривые коров-первотелок с разными генотипами

Figure 2 – Lactation curves of first-born cows with different genotypes

Таблица 2 – Показатели лактационных кривых коров с разными генотипами каппа-казеина, %

Table 2 – Indicators of lactation curves of cows with different kappa-casein genotypes,%

Показатель	Генотип по гену CSN3	
	AA (*n*=30)	AB (*n*=21)
Показатель постоянства лактации (ППЛ)	74,7±1,51	79,07±1,77
Коэффициент устойчивости лактации (КУЛ)	104,58±3,23	101,4±2,29
Коэффициент спадаемости лактации	8,78±3,68	12,46±4,57

между удоем за 305 дней лактации и показателем постоянства лактации, КУЛ у животных с генотипом АА и АВ слабоположительная, кроме корреляционной связи между удоем и ППЛ у коров с генотипом АВ, где отмечали среднюю положительную связь (0,59).

В обеих исследуемых группах связь наивысшего суточного удоя и коэффициента постоянства лактации слабая отрицательная –0,35 и –0,08. Между ВСУ и КУЛ слабая положительная связь у коров с генотипом АА (0,26) и слабая отрицательная в генотипе АВ (–0,07).

Таблица 3 – Связь показателей между признаками молочной продуктивности и лактационной деятельностью

Table 3 – The relationship between indicators of milk productivity and lactation activity

Показатель	Генотип по гену CSN3	
	AA (*n*=30)	AB (*n*=21)
Удой за 305 дней лактации × показатель постоянства лактации	0,37±0,18	0,59±0,19
Удой за 305 дней лактации × коэффициент устойчивости лактации	0,43±0,17	0,14±0,23
Высший суточный удой (ВСУ) × показатель постоянства лактации	0,35± 0,18	0,08±0,23
Высший суточный удой × коэффициент устойчивости лактации	0,26± 0,18	0,07±0,23

Заключение. В результате исследований выявлено влияние генотипов гена каппа-казеина на молочную продуктивность и лактационную деятельность первотелок симментальской породы. Первотелки с генотипом АВ по гену CSN3 в сравнении со сверстницами с генотипом АА имеют более высокую молочную продуктивность: по удою +198,09 кг, МДЖ +0,15, выходу жира и белка +16,33 кг ($P \geq 0,95$) и +3,19 кг. Исследуемое молоко имело 2-ю группу термоустойчивости; по результатам сычужной пробы отнесено ко II классу качества.Установлено, что у животных с генотипами АА и АВ по гену CSN3 высокая устойчивая лактация, относящаяся к первому типу по классификации А.С. Емельянова.

Таким образом, можно рекомендовать хозяйству проводить отбор по генам каппа-казеина с целью выявления желательных генотипов в селекции молочных коров на увеличение молочной продуктивности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ результатов ДНК-диагностики коров-рекордисток симментальской породы и перспективы использования в селекционном процессе / С. А. Ламонов [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022. № 2(69). С. 114–117.

2. Андрющенко С. А., Васильченко М. Я., Трифонова Е. Н. Факторы повышения эффективности производственного потенциала молочного скотоводства и молочной промышленности России // Аграрный научный журнал. 2018. № 5. С. 59–66.

3. Басонов О. А., Кулаткова А. С. Характер лактационных кривых коров-первотелок голштинской породы в зависимости от молочной продуктивности // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2023. № 2(66). С. 26–32. DOI: 10.31563/1684-7628-2023-66-2-26-32.

4. Влияние характера лактационной деятельности коров-первотелок на продолжительность их хозяйственного использования / О. К. Гогаев [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2024. Т. 61-1. С. 39–45. DOI: 10.54258/20701047_2024_61_1_39.

5. Генотипы пород крупного рогатого скота и качество молока / В. А. Иванов [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. 2017. № 3. С. 48–65. ISSN 1996-6733.

6. Изучение показателей продуктивности коров черно-пестрой породы с учетом генотипов ДНК-маркеров / А. В. Степанов [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 2(42). С. 25–35. DOI: 10.52463/22274227_2022_42_25.

7. Ковалева Г. П., Сулыга Н. В., Лапина М. Н. Оценка лактационной деятельности коров-первотелок черно-пестрой породы различных генотипов // Генетика и разведение животных. 2021. № 4. С. 37–41. DOI: 10.31043/2410-2733-2021-4-37-41.

8. Митюков А. С., Фирсова Э. В., Карташов А. П. Использование показателей лактационной кривой в селекции крупного рогатого скота // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 43. С. 107–113.

9. Панин В. А. Оценка генотипа по генам CSN3 и LGB, влияющим на синтез молочного белка и жира в молоке симментальских коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 1. С. 197–201. ISSN 2073−0853.

10. Применение ПЦР для решения научных и практических задач / В. А. Трофимов [и др.]. Саранск, 2021. 104 с. ISBN 978-5-7103-4153-7.

11. Филинская О. В., Ивачкина О. В. Характеристика показателей лактации коров ярославской породы // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 4(40). С.12–17.

12. Харламов А. В., Панин В. А., Косилов В. И. Влияние генов каппа-казеина и лактоглобулина на молочную продуктивность коров и белковый состав молока // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 1(81). С. 193–197.

REFERENCES

1. Analysis of the results of DNA diagnostics of record-breaking Simmental cows and prospects for use in the breeding process / S. A. Lamonov et al. *Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University*. 2022;2(69):114–117. (In Russ.).

2. Andryushchenko S. A., Vasilchenko M. Ya., Trifonova E. N. Factors for increasing the efficiency of the production potential of dairy cattle breeding and the dairy industry of Russia. *Agrarian Scientific Journal*. 2018;(5):59–66. (In Russ.).

3. Basonov O. A., Kulatkova A. S. The nature of lactation curves of first-calf Holstein cows depending on milk productivity. *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2023;2(66):26–32. (In Russ.). DOI: 10.31563/1684-7628-2023-66-2-26-32.

4. The influence of the nature of lactation activity of first-calf cows on the duration of their economic use / O. K. Gogaevet al. *Bulletin of the Gorsk State Agrarian University*. 2024;61-1: 39–45. (In Russ.). DOI: 10.54258/20701047_2024_61_1_39.

5. Genotypes of cattle breeds and milk quality / V. A. Ivanov et al. *Problems of Biology of Productive Animals*. 2017;(3):48–65. (In Russ.). ISSN 1996-6733.

6. Study of productivity indicators of black-and-white cows taking into account the genotypes of DNA markers / A.V. Stepanovet al. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2022;2(42):25–35. (In Russ.). DOI: 10.52463/22274227_2022_42_25.

7. Kovaleva G. P., Sulyga N. V., Lapina M. N. Evaluation of lactation activity of first-calf heifers of the Black-and-White breed of different genotypes. *Genetics and Animal Breeding*.2021;(4): 37–41. (In Russ.). DOI: 10.31043/2410-2733-2021-4-37-41.

8. Mityukov A. S., Firsova E. V., Kartashov A. P. Using lactation curve indicators in cattle breeding. *Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University*. 2016;(43):107–113. (In Russ.).

9. Panin V. A. Evaluation of the genotype for the CSN3 and LGB genes affecting the synthesis of milk protein and fat in the milk of Simmental cows. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*.2020;(1):197–201. (In Russ.). ISSN 2073-0853.

10. Application of PCR for solving scientific and practical problems: a tutorial / V. A. Trofimovet al. Saransk; 2021. 104 p. (In Russ.). ISBN 978-5-7103-4153-7.

11. Filinskaya O. V., Ivachkina O. V. Characteristics of lactation indicators of Yaroslavl breed cows. *Bulletin of the APK of the Upper Volga region*. 2017;4(40):12–17. (In Russ.).

12. Kharlamov A. V., Panin V. A., Kosilov V. I. The influence of kappa-casein and lactoglobulin genes on milk productivity of cows and the protein composition of milk. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 2020;1 (81):193–197. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию13.10.2024; одобрена после рецензирования 29.11.2024; принята к публикации 04.12.2024.
The article was submitted 13.10.2024; approved after reviewing 29.11.2024; accepted for publication 04.12.2024.