

М. В. Позовникова, Г. Н. Сердюк

Связь полиморфизма гена *Pit-1* с продуктивными признаками голштинизированного черно-пестрого скота

Аннотация. Молочная продуктивность является сложным количественным признаком и контролируется большим количеством генов. Фактор транскрипции *Pit-1*, кодируемый геном *Pit-1* активирует транскрипцию генов: пролактина (*PRL*), соматотропина (*GH*), рецептора соматотропин-рилизинг гормона (*GHRH*), бета-субъединицы рецептора тиреоидного гормона (*THRB*) и бета-субъединицы рецептора тиреотропного гормона (*TSH*) [4]. Кодированные факторы транскрипции можно рассматривать в качестве возможных генов-кандидатов, которые прямо или косвенно кодируют продуктивные признаки животных [3].

В нашем исследовании методом ПЦР-ПДРФ проведен анализ связи точечной мутации (A→G) гена *Pit-1* в 6-м экзоне, определяемой с помощью рестриктазы *HinfI*. Объектом изучения были коровы черно-пестрого породы ЗАО «Сумино» (n = 138) и ЗАО «Гатчинское» (n = 114) Ленинградской области. Учитывались следующие показатели молочной продуктивности коров: удой, процентное содержание жира и белка, выход молочного жира и белка. В обеих выборках коров отмечена высокая частота встречаемости аллеля В: 0,815 (ЗАО «Сумино») и 0,667 (ЗАО «Гатчинское»). Среди коров ЗАО «Сумино» выявлено преобладание гомозиготного генотипа ВВ (0,666), а в группе коров ЗАО «Гатчинское» частота встречаемости генотипов АВ и ВВ составила 0,439 и 0,447.

В результате исследования не установлено существенной связи точечной мутации (A→G) гена *Pit-1* в 6-м экзоне, с признаками молочной продуктивности коров. Однако, в обеих анализируемых группах, животные с гомозиготным генотипом АА имели лучшие показатели удоя, выхода молочного жира и белка. В ЗАО «Гатчинское» животные с генотипом ВВ в сравнении с животными с генотипом АВ отличались достоверным показателем по процентному содержанию жира ($p \leq 0,05$).

Ключевые слова: генотип, аллель, ген *Pit-1*, молочная продуктивность, КРС.

Авторы:

Позовникова Марина Владимировна — научный сотрудник лаборатории иммуногенетики, «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста"», 196601, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а; e-mail: marina.qpr@gmail.com;

Сердюк Григорий Николаевич — заведующий лабораторией иммуногенетики, профессор, доктор биологических наук, «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста"», 196601, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а; e-mail: labimmgen@mail.ru.

Введение. В настоящее время селекционеры большое внимание уделяют поиску и идентификации генов, ответственных за хозяйственно-полезные признаки крупного рогатого скота. Молочная продуктивность является сложным количественным признаком и контролируется, в зависимости от физиологического состояния животного (беременность, лактация), большим количеством генов и их регуляцией [1], которая имеет комплексный характер и главную роль в ней играют регуляторные белки — факторы транскрипции — опознающие конкретные участки ДНК — сайты связывания факторов транскрипции (ССТФ). Формируя регуляторные последовательности (промоторы, энхансеры, сайленсеры) наборы ССТФ представляют собой одну из главных и существенных частей регуляторного кода транскрипции [2]. В качестве возможных генов-кандидатов, которые прямо или косвенно кодируют продуктивные признаки, можно рассматривать кодирующие факторы транскрипции [3].

Фактор транскрипции *Pit-1*, кодируемый геном *Pit-1* (официальная номенклатура — *POU1F1*) активирует транскрипцию генов: пролактина (*PRL*), соматотропина (*GH*), рецептора соматотропин-рилизинг гормона (*GHRH*), бета-субъединицы рецептора тиреоидного гормона (*THRB*) и бета-субъединицы рецептора тиреотропного гормона (*TSH*) [4].

Ген *Pit-1* КРС локализован в центромерной зоне хромосомы 1, наиболее изучена точечная мутация (A→G) в 6-м экзоне, определяемая с помощью рестриктазы *HinfI* [5]. Полиморфизм гена *Pit-1* может быть информативным маркером молочной продуктивности, но вопрос изучен не достаточно и в литературных данных имеются противоречия. Отмечается влияние породоспецифичности. У голштино-фризских коров установлена положительная связь генотипа АА с удоём [6]. В голштинской породе КРС отмечено, что животные с генотипом АВ имели высокий показатель удоя и процент содержания белка [7,8].

Животные симментальской породы с генотипом АВ имели не только высокие показатели по удою, но и по выходу молочного жира и белка ($p < 0,01$) [9]. По данным Гетманцевой Л. В. и др. коровы красной степной породы с генотипом ВВ отличались лучшим удоем за лактацию [10]. При этом, ряд авторов не выявили существенного влияния гена *Pit-1* на молочную продуктивность коров [11, 12, 13].

Материалы и методы. Объектом изучения были коровы черно-пестрого породы ЗАО «Сумино» ($n=138$) и ЗАО «Гатчинское» ($n=114$) Ленинградской области. Забор крови у животных производили из хвостовой вены в пробирки с 0,5М ЭДТА. ДНК выделяли фенольным методом [14]. Для амплификации фрагмента гена использовали праймеры, синтезированные в ЗАО «Евроген» (г. Москва): 5'-AAA CCA TCA TCT CCC TTC TT-3'; 5'-AAT GTA CAA TGT GCC TTC TGAG-3' [15]. Амплификацию проводили на амплификаторе «Bio-Rad» T-100 в следующем режиме: 94°C — 5 мин, далее 35 циклов 94°C — 30 сек, 56°C — 30 сек, 72°C — 30 сек и заключительный цикл 72°C — 10 мин. Для рестрикции амплифицированного фрагмента использовали рестриктазу *HinfI* (ООО «СибЭнзим-М», Новосибирск). Размер продуктов рестрикции оценивали методом горизонтального электрофореза в 2% агарозном геле. Генотипу АА соответствовал фрагмент размером 451 п.н., генотипу АВ — 451, 244 и 207 п.н., генотипу ВВ — 244 и 207 п.н. (рис. 1).

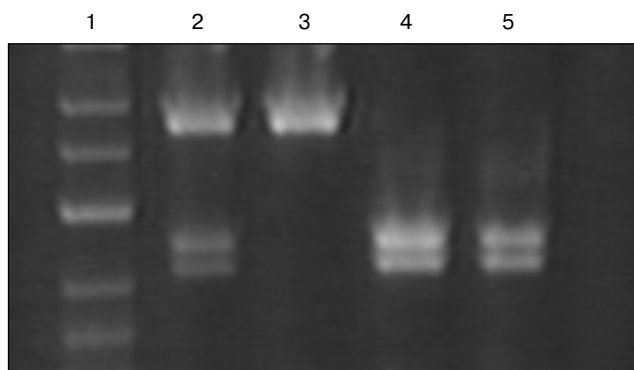


Рис. 1. Электрофореограмма продуктов рестрикции при определении генотипов гена *Pit-1*. 1-ДНК-маркер (Thermo Scientific.500,400,300, 200,150bp), 2 — генотип АВ, 3 — генотип АА, 4, 5 — генотип ВВ

Для статистической обработки данных использовали программу Microsoft Excel, AtteStat. Частоту генотипов рассчитывали по закону Харди-Вайнберга. Сравнение наблюдаемых частот аллелей с теоретически ожидаемыми значениями проводили по критерию χ^2 Пирсона.

Результаты и обсуждение. Частота встречаемости генотипов и аллелей гена *Pit-1* в исследуемых группах животных приведена в таблице 1.

В анализируемых выборках отмечается высокая частота аллеля В: 0,815 и 0,667 соответственно. В ЗАО «Сумино» частота аллеля А составила 0,185, а количество животных с гомозиготным генотипом АА — 3,6%, при этом отмечается высокая частота встречаемости генотипа ВВ — 0,666. Фактическое распределение частот генотипов соответствует теоретически ожидаемому ($\chi^2=0,03$).

В ЗАО «Гатчинское» частота аллеля А составила 0,333, а частота генотипов АВ и ВВ находится на одном уровне (0,439 и 0,447 соответственно). Показатель варибельности $\chi^2 = 0,03$, генное равновесие в данной выборке животных не нарушено ($p > 0,05$).

По данным ряда авторов частота аллеля В среди черно-пестрого скота варьирует от 0,67 до 1,0 [6, 13, 16, 17], что подтверждается нашими результатами.

Данные анализа связи молочной продуктивности с различными генотипами гена *Pit-1* представлены в таблице 2.

В ЗАО «Сумино» коровы с генотипом АА обладали лучшими показателями по удою и выходу молочного белка, но при этом имели более низкий показатель процентного содержания жира. Животные же с гетерозиготным генотипом АВ превосходили животных с генотипом АА и ВВ по процентному содержанию жира на 0,07 и 0,02, а по выходу молочного жира — на 4,0 и 7,9 кг соответственно.

В ЗАО «Гатчинское» животные с гомозиготным генотипом АА также превосходили животных с генотипами АВ и ВВ по удою на 362кг и 621 кг, по выходу молочного жира — на 14,7 кг и 19,8 кг, выходу молочного белка — на 10,8 кг и 18,8 кг

Таблица 1. Генетическая структура анализируемых групп животных по гену *Pit-1*

группа	n	Частота генотипов			H_{exp}	χ^2	Частота аллелей	
		АА	АВ (H_{obs})	ВВ			А	В
ЗАО «Сумино»	138	0,036	0,298	0,666	0,302	0,03	0,185	0,815
ЗАО «Гатчинское»	114	0,114	0,439	0,447	0,444	0,03	0,333	0,667

Примечание: H_{obs} — фактическая (наблюдаемая) гетерозиготность; H_{exp} — теоретическая (ожидаемая) гетерозиготность; χ^2 -критерий соответствия распределению Харди-Вайнберга.

Таблица 2. Молочная продуктивность коров с разными генотипами гена *Pit-1*

Генотип	n	Удой, 1 лактация, кг	% МДЖ	Выход молочного жира, кг	% МДБ	Выход молочного белка, кг
ЗАО «Сумино»						
АА	5	8107±233	3,60±0,06	292,3±11,9	3,32±0,07	269,4±10,2
АВ	41	8083±151	3,67±0,03	296,3±5,3	3,24±0,02	262,4±5,4
ВВ	92	7966±92,5	3,62±0,01	288,4±3,3	3,19±0,01	254,7±3,3
ЗАО «Гатчинское»						
АА	13	8306±402	3,82±0,02	317,0±14,6	3,23±0,01	268,1±12,6
АВ	50	7944±219	3,80±0,01	302,3±8,5	3,24±0,01	257,3±7,0
ВВ	51	7685±236	3,85±0,02*	297,2±9,7	3,24±0,01	249,3±7,6

* $p \leq 0,05$

соответственно. Однако, полученные данные статистически не достоверны, но при этом наблюдается положительное влияние аллеля А на продуктивные признаки животных.

Следует отметить, что животные с генотипом ВВ в ЗАО «Сумино» имели средние показатели по процентному содержанию жира, а в ЗАО «Гатчинское» — отличались достоверным показателем (ВВ к АА и ВВ к АВ).

Положительное влияние аллеля А на молочную продуктивность коров подтверждают работы ряда других авторов. В исследованиях на голштинской породе Ebrahimi Hoseinzadeh Z. et al., определили достоверное влияние генотипа АВ на процентное содержание жира в молоке ($P < 0,01$) [18], Manga I. et al., говорят о значительном влиянии генотипа АА на удой, молочный жир и белок ($P < 0,01$) [19]. При оценке голштинизиро-

ванного черно-пестрого скота в разных регионах России некоторыми исследователями также отмечается положительная связь генотипа АА с высокими удоями [20, 16]. Некоторыми авторами отмечено, что аллель А является желательным и животные, несущие в своем генотипе этот аллель, имеют более хорошие параметры молочной продуктивности [11, 12, 13]

Выводы.

1. В обеих исследованных группах животных выявлена высокая частота встречаемости аллеля В, генетическое равновесие не нарушено.
2. Не выявлено достоверного влияния генотипов гена *Pit-1* на показатели молочной продуктивности коров, но при этом животные, имеющие в своем генотипе аллель А имеют тенденцию к высоким удоям, выходу молочного жира и белка.

Литература

1. Charoensawan V. Genomic repertoires of DNA-binding transcription factor across the tree of life / Charoensawan V., Wilson D., Teichmann S. A. // Nucl. Acids. Res. — 2010. — № 38. — P. 7364–7377.
2. Меркулова Т. И. Регуляторные коды транскрипции геномов эукариот / Т. И. Меркулова, Е. А. Ананько, Е. В. Игнатъева, Н. А. Колчанов // Генетика. — 2013. — № 49 (1). — С. 37–54.
3. Юдин Н. С. Молекулярно-генетические маркеры экономически важных признаков у молочного скота / Н. С. Юдин, М. И. Воевода // Генетика. — 2015. — № 51 (5). — С. 600–612.
4. Parmentier I. Candidate gene markers associated with somatotrophic axis and milk selection / I. Parmentier, D. Portetelle, N. Gengler, A. Prandi, C. Bertozzi, L. Vleurick, R. Gilson, R. Renaville Domest. // Anim. Endocr. — 1999. — № 17 (2–3). — P. 139–148.
5. Dierkes B. Partial genomic structure of the bovine Pit1 gene and characterization of a Hinf1 transition polymorphism in exon 6 / B. Dierkes, B. Kriegesmann, B. G. Baumgartner, B. Brening // Animal Genetics. — 1998. — № 29. — 405 p.
6. Khaizakan Z. A. Analysis of selected milk traits in Palestinian Holstein-Friesian cattle in relation to genetic polymorphism / Z. A. Khaizakan, F. J. Al-Razem // Cell Anim. Biol. — 2014. — № 8 (5). — P. 74–85.
7. Ebrahimi Hoseinzadeh Z., Association of PIT1 gene and milk protein percentage in Holstein cattle / Z. Ebrahimi Hoseinzadeh, M. R. Mohammadabadi, A. K. Esmailzadeh, A. Khezri // Journal of Livestock Science and Technologies. — 2015. — № 3 (1). — P. 41–49.
8. Edriss M. A. Association of PIT-1 gene polymorphism with birth weight, milk and reproduction traits in Isfahan Holstein cows (Brief Report) / M. A. Edriss, V. Edriss, H. R. Rachmani // Arch Tierz. — 2009. — № 52. — P. 445–447.
9. Cosier V. Research Concerning the Polymorphic Expression of Pit-1 and STAT5A Genes in Cattle / V. Cosier, V. // Croitoriu Bulletin UASVM Anim. Scien. and Biotechnologies. — 2012. — № 69 (1–2). — P. 70–79.
10. Гетманцева Л. В. Полиморфизм гена POU1F1 у коров красной степной породы / Л. В. Гетманцева, М. А. Леонова, А. Ю. Колосов, А. В. Усатов // Аграрный вестник Урала. — 2014. — № 12 (130). — С. 23–25.

11. Zakizadech S. Polymorphism of the bovine POU1F1 gene: allele frequencies and effects on milk production in three Iranian native breeds and Holstein cattle of Iran / S. Zakizadech, M. Reissmann, G. Rahimi, A. N. Javaremi, P. Reinecke, S. R. Mirae-Ashtiani, M. M. Shahrabak // J. Biol. Sci., Aug. — 2007. — № 1. — P. 2575–8.
12. Trakovicka A. Genetic polymorphism of Pit-1 gene associated with milk production traits in Holstein cattle / A. Trakovicka, N. Moravčnkova, M. Gabor, M. Miluchova // Acta Agr. Kapos. — 2014. — № 18 (1). — P. 146–151.
13. Dybus A. PIT1-HinfI gene polymorphism and its associations with milk production traits in polish Black-and-White cattle / A. Dybus, I. Szatkowska, E. Czerniawska-Piatkowska, W. Gresiak, J. Wojcik, E. Rzewucka, S. Zych // Arch. Tierz. — 2004. — № 47 (6). — P. 557–563.
14. Терлецкий В. П. Использование современных молекулярно-генетических методов в генотипировании сельскохозяйственных животных / В. П. Терлецкий, К. В. Племяшов, В. И. Тыщенко, Н. В. Дементьева // Санкт-Петербург-Пушкин. — 2014. — 72 с.
15. Woollard J. Rapid communication: HinfI polymorphism at the bovine Pit-1 locus / J. Woollard, C. B. Schmitz, A. E. Freeman, C. K. Tuggle // Journal of Animal Science. — 1994. — № 72. — P. 32–67.
16. Михайлова М. Е. Генотипирование полиморфных вариантов генов гормона роста (GH) и рилизинг-фактора (Pit-1), ассоциированных с молочной продуктивностью крупного рогатого скота / М. Е. Михайлова, Е. В. Белая, Н. М. Волчок, Н. А. Камыш // Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных: роль нанотехнологий в реализации приоритетных задач биотехнологии. — Дубровицы: ВИЖ. — 2008. — С. 185–189.
17. Некрасов А. А. Влияние полиморфизма генов молочных белков и гормонов на энергию роста телок черно-пестрой голштинской породы / А. А. Некрасов, А. Н. Попов, Н. А. Попов, Е. Г. Федотова // Таврический научный обозреватель. — 2016. — №5(10). — 91–95. URL: <http://tavr.science/stat/2016/05/18-Nekrasov-Popov-Popov-Fedotova.pdf>
18. Ebrahimi Hoseinzadeh Z. Association of PIT1 Gene with Milk Fat Percentage in Holstein Cattle / Z. Ebrahimi Hoseinzadeh, M. R. Mohammadabadi, A. Esmailizadeh Koshkuieh, A. Khezri1, A. Najmi Noori // Iranian Journal of Applied Animal Science. — 2015. — № 5 (3). — P. 575–582.
19. I. Manga Polymorphism of CSN3, Pit-1, LGB and its impact on milk performance traits at the czech fleck-vieh and Holstein breed / I. Manga, J. Rnha, I. Vrtkov6 // ACTA. — 2008. — № 56 (1). — P. 131–136.
20. Дроздов Е. В. Аллельный полиморфизм гена Pit1 в стадах крупного рогатого скота Брянской области и его связь с молочной продуктивностью / Е. В. Дроздов, В. В. Заякин, И. Я. Нам // Известия Самарского научного центра РАН. — 2011. — Т.13. — № 5 (3). — С. 235–239.

Pozovnikova M. V., Serdjuk G. N.

The relationship of gene polymorphism of *Pit-1* with the productive characteristics of holsteinized black-motley cattle

Abstract. *The analysis of the relationship of gene polymorphism of Pit-1 with milk yield of cows (milk yield, fat percentage and protein yield of milk fat and protein) in 2 groups of black pied cattle in Leningrad region: ZAO «Sumino» (n=138) ZAO «Gatchinskiy» (n=114). Noted the high incidence of allele B: 0,667 0,815 and respectively. Among cows ZAO «Sumino» revealed the prevalence of a homozygous genotype BB (0,666) and in the group of cows, ZAO «Gatchinskiy» frequency of genotypes AB and BB made up and 0,447 0,439.*

The study is not established substantial connection of the gene Pit-1C signs of milk productivity of cows. However, in both analyzed groups, animals with the homozygous genotype AA had the best performance of yield, yield of milk fat and protein.

Key words: genotype, allele, gene Pit-1, milk yield.

Authors:

Pozovnikova Marina Vladimirovna — researcher of the laboratory of Immunogenetics of the Russian research institute of farm animal genetics and breeding — branch of the L. K. Ernst Federal science center for animal husbandry, St.Petersburg, p. Tjarlevo, Moskovskoe shosse 55a; 196601; e-mail: marina.qpr@gmail.com;

Serdjuk Grigoriy Nikolaevich — the leader of the laboratory of Immunogenetics, Professor, the doctor of biological sciences of the Russian research institute of farm animal genetics and breeding — branch of the L. K. Ernst Federal science center for animal husbandry, St.Petersburg, p. Tjarlevo, Moskovskoe shosse 55a; 196601; e-mail: labimmgen@mail.ru.

References

1. Charoensawan V. Genomic repertoires of DNA-binding transcription factor across the tree of life / Charoensawan V., Wilson D., Teichmann S. A. // Nucl. Acids. Res. — 2010. — № 38. — P. 7364–7377.
2. Merkulova T. I. Reguljatornye kody transkripcii genomov jeukariot / T. I. Merkulova, E. A. Anan'ko, E. V. Ignat'eva, N. A. Kolchanov // Genetika. — 2013. — № 49 (1). — S. 37–54.
3. Judin N. S. Molekuljarno-geneticheskie markery jekonomicheski vaznyh priznakov u molochного skota / N. S. Judin, M. I. Voevoda // Genetika. — 2015. — № 51 (5). — S. 600–612.
4. Parmentier I. Candidate gene markers associated with somatotrophic axis and milk selection / I. Parmentier, D. Portetelle, N. Gengler, A. Prandi, C. Bertozzi, L. Vleurick, R. Gilson, R. Renaville Domest. // Anim. Endocr. — 1999. — № 17 (2–3). — P. 139–148.
5. Dierkes B. Partial genomic structure of the bovine Pit1 gene and characterization of a Hinf1 transition polymorphism in exon 6 / B. Dierkes, B. Kriegesmann, B. G. Baumgartner, B. Brening // Animal Genetics. — 1998. — № 29. — 405 p.
6. Khaizakan Z. A. Analysis of selected milk traits in Palestinian Holstein-Friesian cattle in relation to genetic polymorphism / Z. A. Khaizakan, F. J. Al-Razem // Cell Anim. Biol. — 2014. — № 8 (5). — P. 74–85.
7. Ebrahimi Hoseinzadeh Z., Association of PIT1 gene and milk protein percentage in Holstein cattle / Z. Ebrahimi Hoseinzadeh, M. R. Mohammadabadi, A. K. Esmailzadeh, A. Khezri // Journal of Live-stock Science and Technologies. — 2015. — № 3 (1). — P. 41–49.
8. Edriss M. A. Association of PIT-1 gene polymorphism with birth weight, milk and reproduction traits in Isfahan Holstein cows (Brief Report) / M. A. Edriss, V. Edriss, H. R. Rachmani // Arch Tierz. — 2009. — № 52. — P. 445–447.
9. Cosier V. Research Concerning the Polymorphic Expression of Pit-1 and STAT5A Genes in Cattle / V. Cosier, V. // Croitoriu Bulletin UASVM Anim. Scien. and Biotechnologies. — 2012. — № 69 (1–2). — P. 70–79.
10. Getmanceva L. V. Polimorfizm gena POU1F1 u korov krasnoj stepnoj porody / L. V. Getmanceva, M. A. Leonova, A. Ju. Kolosov, A. V. Usatov // Agrarnyj vestnik Urala. — 2014. — № 12 (130). — S. 23–25.
11. Zakizadeh S. Polymorphism of the bovine POU1F1 gene: allele frequencies and effects on milk production in three Iranian native breeds and Holstein cattle of Iran / S. Zakizadeh, M. Reissmann, G. Rahimi, A. N. Javaremi, P. Reinecke, S. R. Mirae-Ashtiani, M. M. Shahrabak // J. Biol. Sci., Aug. — 2007. — № 1. — P. 2575–8.
12. Trakovicka A. Genetic polymorphism of Pit-1 gene associated with milk production traits in Holstein cattle / A. Trakovicka, N. Moravčikova, M. Gabor, M. Miluchova // Acta Agr. Kapos. — 2014. — № 18 (1). — P. 146–151.
13. Dybus A. PIT1-HinfI gene polymorphism and its associations with milk production traits in polish Black-and-White cattle / A. Dybus, I. Szatkowska, E. Czerniawska-Piatkowska, W. Gresiak, J. Wojcik, E. Rzewucka, S. Zych // Arch. Tierz. — 2004. — № 47 (6). — P. 557–563.
14. Terleckij V. P. Ispol'zovanie sovremennyh molekuljarno-geneticheskikh metodov v genotipirovanii sel'sko-hozjajstvennyh zhivotnyh / V. P. Terleckij, K. V. Plemjashov, V. I. Tyshhenko, N. V. Dement'eva // Sankt-Peterburg-Pushkin. — 2014. — 72 s.
15. Woollard J. Rapid communication: HinfI polymorphism at the bovine Pit-1 locus / J. Woollard, C. B. Schmitz, A. E. Freeman, C. K. Tuggle // Journal of Animal Science. — 1994. — № 72. — P. 32–67.
16. Mihajlova M. E. Genotipirovanie polimorfnyh variantov genov gormona rosta (GH) i rilizing-faktora (Pit-1), associirovannyh s molochnoj produktivnost'ju krupnogo rogatogo skota / M. E. Mihajlova, E. V. Belaja, N. M. Volchok, N. A. Kamyshev // Sovremennye dostizhenija i problemy biotehnologii sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh: rol' nanotehnologii v realizacii prioritetnyh zadach biotehnologii. — Dubrovica: VIZh. — 2008. — S. 185–189.
17. Nekrasov A. A. Vlijanie polimorfizma genov molochnyh belkov i gormonov na jenergiju rosta telok cherno-pestroj golstjinskoj porody / A. A. Nekrasov, A. N. Popov, N. A. Popov, E. G. Fedotova // Tavricheskij nauchnyj obozrevatel'. — 2016. — №5 (10). — 91–95. URL: <http://tavr.science/stat/2016/05/18-Nekrasov-Popov-Popov-Fedotova.pdf>
18. Ebrahimi Hoseinzadeh Z. Association of PIT1 Gene with Milk Fat Percentage in Holstein Cattle / Z. Ebrahimi Hoseinzadeh, M. R. Mohammadabadi, A. Esmailzadeh Koshkuieh, A. Khezri, A. Najmi Noori // Iranian Journal of Applied Animal Science. — 2015. — № 5 (3). — P. 575–582.
19. I. Manga Polymorphism of CSN3, Pit-1, LGB and its impact on milk performance traits at the czech fleckvieh and Holstein breed / I. Manga, J. Růžha, I. Vrtkovič // ACTA. — 2008. — № 56 (1). — P. 131–136.
20. Drozdov E. V. Allel'nyj polimorfizm gena Pit1 v stadah krupnogo rogatogo skota Brjanskoj oblasti i ego svjaz' s molochnoj produktivnost'ju / E. V. Drozdov, V. V. Zajakin, I. Ja. Nam // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN. — 2011. — T. 13. — № 5 (3). — S. 235–239.