ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

УДК 575.174.015.3:636.2 (571.56) DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-92-99

Руслан Гаврильевич Попов
Федеральный исследовательский центр Якутский научный центр СО РАН Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова, ведущий научный сотрудник лаборатории воспроизводства и физиологии животных, кандидат сельскохозяйственных наук, Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия, e-mail: Polan1960@gmail.com
Надежда Васильевна Попова
Арктический государственный агротехнологический университет, доцент кафедры физиологии сельскохозяйственных животных и экологии, кандидат биологических наук, доцент, Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия, e-mail: erel.popova@mail.ru

ПОЛИМОРФИЗМ БЕЛКОВ МОЛОКА И КРОВИ ЯКУТСКОЙ ПОРОДЫ СКОТА

Цель исследования – изучение полиморфных систем белков молока и крови субпопуляций якутской породы скота для создания более полной картины генетической ситуации в популяции с охватом четырех локусов. Задачи исследования: определение частоты встречаемости аллелей и генотипов по локусам бета- и каппа-казеина, сывороточных белков – бета-лактоглобулина и альфа-лактальбумина. Исследование проводили методом вертикального электрофореза на полиакриламидном геле, использовали метод солевой экстракции ДНК и полимеразной цепной реакции (ПЦР). В локусе β-Cn выявлены три аллеля: A, B и C. Следует отметить, что у якутского скота также часто встречаются аллели A и B. Так, 71 % данного поголовья был гомозиготным по аллелю A, т. е. имел β-Cn AA генотип. Частота встречаемости гетерозиготных особей составила 29 %, из них наиболее часто встречались особи с сочетанием B и C аллелей. Не обнаружены аллели B и C в гомозиготном состоянии и животные с генотипом β-Cn AC, т. е. гетерозиготное AC сочетание. Степень реализации возможной генетической изменчивости по данному локусу составила 43,7 %, что является удовлетворительным показателем. Также испытывается недостаток гетерозиготных особей. Из представленных данных изучения полиморфизма белков молока (β-Cn, κ-Cn, β-Lg, α-La) и результатов ПЦР анализа образцов крови по κ-Cn локусу мономорфным оказался α_{S1}-Cn локус. В β-Cn и κ-Cn локусах отмечается нарушение генного равновесия. В α-La и β-Lg локусах генное равновесие не нарушено, но отмечается весьма низкий уровень реализации возможной изменчивости. На наш взгляд, нарушение генного равновесия в локусах является следствием случайного дрейфа генов из-за малочисленности и изолированности поголовья.

***Ключевые слова**: ДНК-технологии, электрофорез, локус, аллель, полиморфизм, белки, казеин.*

Ruslan G. Popov
Federal Research Center Yakutsk Scientific Center SB RAS M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture, leading researcher at the Laboratory of Animal Reproduction and Physiology, Candidate of Agricultural Sciences, Yakutsk, Sakha Republic (Yakutia), Russia, e-mail: Polan1960@gmail.com

© Попов Р.Г., Попова Н.В., 2021
Вестник КрасГАУ. 2021. № 7. С. 92–99.

Nadezhda V. Popova
Arctic State Agrotechnological University, associate professor, Department of Physiology of Agricultural Animals and Ecology, candidate of biological sciences, associate professor, Yakutsk, Sakha Republic (Yakutia), Russia, e-mail: erel.popova@mail.ru

YAKUT CATTLE BREED MILK AND BLOOD PROTEINS POLIMORPHISM

The aim of research is to study the polymorphic systems of milk and blood proteins of subpopulations of the Yakut cattle breed in order to create a more complete picture of the genetic situation in the population, covering four loci. Research objectives are determination of the frequency of occurrence of alleles and genotypes at the loci of beta and kappa casein, whey proteins - beta-lactoglobulin and alpha-lactalbumin. The study was carried out by the method of vertical electrophoresis on polyacrylamide gel, using the method of salt extraction of DNA and polymerase chain reaction (PCR). Three alleles A, B and C were identified at the β-Cn locus. It should be noted that alleles A and B are also often found in Yakut cattle. Thus, 71 % of this livestock was homozygous for allele A, i.e., had β-Cn AA genotype. The frequency of occurrence of heterozygous individuals was 29 %, of which individuals with a combination of B and C alleles were most common. No alleles B and C were found in the homozygous state and animals with the β-Cn AC genotype, i.e., a heterozygous AC combination. The degree of realization of possible genetic variability for this locus was 43.7 %, which is a satisfactory indicator. There is also a shortage of heterozygous individuals. From the presented data on the study of milk protein polymorphism (β-Cn, k -Cn, β-Lg, α-La) and the results of PCR analysis of blood samples at the k-Cn locus, the α_{S1}-Cn locus turned out to be monomorphic. A gene imbalance is noted at the β-Cn and k-Cn loci. In the α-La and β-Lg, the gene balance is not disturbed, but a very low level of realization of possible variability is noted. In our opinion, the disturbance of the gene balance at the loci is a consequence of the random drift of genes due to the small number and isolation of the livestock.

***Key words**: DNA technologies, electrophoresis, locus, allele, polymorphism, proteins, casein.*

Введение. В проблеме сохранения малочисленных аборигенных пород сельскохозяйственных животных кроме их численного сохранения важную роль играет поддержание их генетического разнообразия, формирования оптимальной генетической структуры популяции для дальнейшего совершенствования его генофонда. Существующие на сегодняшний день методы ДНК-технологий позволяют наметить пути и разработать способы точной идентификации генотипов животных и на их основе вести селекцию сельскохозяйственных животных в популяциях по хозяйственно ценным признакам. Якутская порода скота относится к молочно-мясным породам скота и является малочисленным аборигенным видом в Республике Саха (Якутия) в северо-восточной части Сибири в России. Данный вид отличается исключительно высокой морозоустойчивостью и выносливостью к недостаточному питанию. Молоко якутских коров отличается высоким содержанием жиров. Эти особенности якутского скота делают его незаменимым генетическим ресурсом в сельском хозяйстве субарктических регионов.

В настоящее время в научных публикациях многих отечественных ученых имеются данные исследований по изучению полиморфизма белков крови и молока, установлению связи генотипов с признаками молочной продуктивности коров разных пород крупного рогатого скота и технологическими свойствами молока [1–11]. Из белков молока наибольший интерес представляла казеиновая фракция. С использованием ДНК-технологий по локусу каппа-казеина исследованы 24 популяции 11 пород крупного рогатого скота. Частоты аллелей и генотипов по локусу каппа-казеина варьируют как между породами, так и внутри породы. Они могут существенно различаться в разных стадах одной породы и даже в разных группах внутри одного стада [12, 13]. Полиморфизм гена каппа-казеина якутской породы скота впервые отмечается в исследованиях Г.Е. Сулимовой с соавторами (1996), имеются сведения в работах и других авторов (табл. 1).

Таблица 1

Частоты аллелей гена каппа-казеина у якутской породы скота

№ п/п	*n*	Частота аллелей						Литературный источник
		A	B	E	F	C	G	
1	33	80,00	13,30	0,00	6,70	0,00	0,00	[1]
2	32	56,06	43,94	0,00	0,00	0,00	0,00	[3]
3	69	74,64	25,36	0,00	0,00	0,00	0,00	[13]

По данным Е.А. Гладырь (2001), из исследованных групп животных популяция якутского скота оказалась наиболее гомогенной, и в ней были выявлены только два аллеля гена каппа-казеина – А и В. Частота встречаемости гетерозиготного генотипа АВ – 69,7 % [3]. При исследовании различных пород крупного рогатого скота по содержанию *B*-аллеля каппа-казеина достоверно различались стада бестужевской породы, якутского скота и черно-пестрой породы. Так, частота *B*-аллеля якутского скота – 25,36±3,70 [13].

Цель исследования: изучение полиморфизма белков молока и крови у якутской породы скота для создания более полной картины генетической ситуации в популяции с охватом четырех локусов.

Задачи исследования: определение частоты встречаемости аллелей и генотипов гена каппа-казеина (κ-Cn), бета-казеина (β-Cn), β-лактоглобулина (β-Lg) и α-лактоальбумина (α-La).

Объект, материал и методы исследования. Объектом исследования служили субпопуляции якутского скота из ГУП «Улуу Сыһыы» Горного улуса (района) Республики Саха (Якутия). Материалом исследования служили молоко и кровь животных. Проведены исследования белков молока у 14 коров методом электрофореза на полиакриламидном геле. Из крови 30 голов якутского скота методом солевой экстракции были выделены ДНК. При ПЦР происходит амплификация фрагмента ДНК, ограниченного с 3^1- и 5^1-концов праймерами, которые отличаются на противоположных цепях ДНК. В данном иследовании ПЦР с праймерами VAR-B, VAR-A, VAR-5 и VAR-3 успешно проведена на ДНК якутского скота. Полученные продукты амплификации фрагмента гена κ-Cn затем были изучены с помощью рестрикционного анализа. Аллельные варианты гена могут быть определены рестрикционным анализом амплифицированного продукта с помощью рестриктаз P_st I, Taq I, Hinf I и Hind III. Для генотипирования каждого животного по локусу κ-Cn мы использовали Taq-полимеразу. Метод солевой экстракции ДНК и полимеразной цепной реакции (ПЦР) проводили согласно методическим рекомендациям Всероссийского НИИ животноводства им. Л.К. Эрнста [14].

Результаты исследования. Белки молока образованы из двух основных групп – казеина и сывороточных белков. Из казеиновых фракций нами исследованы α_{s1}-Cn, β-Cn и κ-Cn. В таблице 2 приведены результаты анализа белков молока 14 якутских коров. Результаты наших исследований показали, что локус α_{s1}-Cn (*CSN1S1*) у якутского скота оказался мономорфным, поскольку обнаружен только один В-тип. В локусе β-Cn выявлены три аллеля: А, В и С. Аллели В и С в гомозиготном состоянии не обнаружены. Также не обнаружены животные с генотипом АС. Степень реализации возможной генетической изменчивости составила 43,7 %. Генный баланс нарушен, так как χ^2 = 20,03, P < 0,001.

Наиболее ценный с технологической точки зрения локус κ-Cn у якутского скота имеет полиморфное состояние. В данном стаде было обнаружено только два аллеля – А и В. Частота встречаемости А-аллеля составила 0,79. По данному локусу также испытывается недостаток гетерозиготных особей и степень реализации возможной генетической изменчивости также невысок. Генный баланс нарушен, χ^2 = 4,64, P < 0,05.

Сывороточные белки молока являются ценными компонентами молока, так, β-лактоглобулин необходим для роста и развития молодняка [15], и в настоящее время выявлено 13 аллельных вариантов гена *BLG*, который отвечает за синтез данного белка [16]. По данным Л.К. Эрнста, Н.А. Зиновьевой (2008), Я.А. Хабибрахмановой (2009), ген β-лактоглобулина влияет на жирность молока, отвечает за белко-

вомолочность и показатель биологической ценности молока [17, 18].

В данных исследованиях из сывороточных белков молока полиморфными оказались локусы β-Lg и α-La. В локусе β-Lg обнаружены аллели А и С. Наиболее часто (85 %) встречались животные с гомозиготным АА генотипом, который, как показывают литературные данные, коррелирует с повышенным содержанием белка в молоке и, по данным Е.А. Гладырь (2001), среди исследованных пород крупного рогатого скота была наивысшей у якутского скота (18,75 %) [19]. При этом частота встречаемости генотипа ВВ была минимальной в якутской породе (15,62 %) и с преобладающим количеством АВ гетерозигот (65,63 %) [3].

Таблица 2

Популяционно-генетический анализ полиморфных систем белков молока у якутского скота

Локус	*n*	Частота *p*	Уровень гомозиготности	Число эффективных аллелей	Уровень генетической изменчивости, %	Тест гетерозиготности	χ^2	
							фактически	табличный
1	2	3	4	5	6	7	8	9
β-Cn			0,594388	1,682403	43,68132	-0,2824	20,03175	16,3
Генотип:								
АА	10	0,714286						
АВ	1	0,071429						
АС	0	0						
ВС	3	0,214286						
ВВ	0	0						
СС	0	0						
Аллель:								
А		0,75						
В		0,142857						
С		0,107143						
κ-Cn			0,663265	1,507692	36,26274	-0,34103	4,640955	3,8
Генотип:								
АА	10	0,714286						
АВ	2	0,142857						
ВВ	2	0,142857						
Аллель:								
А		0,785714						
В		0,214286						
β-Lg			0,867347	1,152941	14,28571	-0,22157	0,08284	3,8
Генотип:								
АА	12	0,857143						
АС	2	0,142857						
СС	0	0						
Аллель:								
А		0,928571						
С		0,071429						

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
α-La			0,931122	1,073973	7,417582	-0,28472	0,019204	3,8
Генотип:								
AA	13	0,928571						
AB	1	0,071429						
BB	0	0						
Аллель:								
A		0,964286						
B		0,035714						

По нашим данным, частота аллеля C составляла 0,07. Он встречался только в гетерозиготном AC состоянии. Это отразилась в числе эффективных аллелей (1,15) и степени реализации возможной изменчивости (14,3 %).

Локус α-La у якутского скота также является полиморфным. У 7 % животных установлен гетерозиготный α-La AB генотип. У большинства особей установлен наиболее электрофоретически подвижный A-аллель, а альтернативный B-аллель в гомозиготном состоянии не обнаружен. В этом локусе также отмечается низкий уровень использования диаллельного состояния, а степень реализации возможной изменчивости еще ниже – 7,4 %.

В таблице 3 приведены результаты анализа по κ-Cn локусу белков крови у 30 голов якутского скота.

Таблица 3

Популяционно-генетический анализ по κ-Cn локусу белков крови у якутского скота

Локус	*n*	Частота *p*	Уровень гомозиготности	Число эффективных аллелей	Уровень генетической изменчивости, %	Тест гетерозиготности	χ^2	
							фактически	табличный
κ-Cn			0,605	1,65289	40,8621	-0,31806	10,2537	11,3
Генотип:								
AA	19	0,633333						
AB	4	0,133333						
AF	3	0,1						
BF	0	0						
FF	0	0						
BB	4	0,133333						
Σ	30							
Аллель:								
A		0,75						
B		0,20						
F		0,05						

В данной популяции были обнаружены три аллеля; A, B и F. Очень часто встречается аллель A. Частота B аллеля составляет 0,20.

Как было сказано выше, у якутского скота встречается весьма редкая κ-Cn F-аллель, которая встречается в гетерозиготном состоянии с одним A-аллелем, и его частота составила 0,05. Уровень гомозиготности популяции достаточно высокая, соответственно испытывается недостаток гетерозигот, в частности уменьшается число AB сочетаний.

Степень реализации возможной изменчивости не высокая. Критерий χ^2 указывает на то, что генное равновесие нарушено ($P < 0,025$).

Выводы. Результаты проведенного анализа свидетельствуют о сохранении генетического разнообразия в отношении гена κ-Cn в популяции якутского скота.

В целом по исследованному поголовью скота можно сделать заключение, что нарушен генный баланс по β-казеиновым ($\chi^2 = 20,03$; $P < 0,001$) и κ-казеиновым локусам ($\chi^2 = 4,64$; $P < 0,05$). В локусах α-La и β-Lg генное равновесие не нарушено, но отмечается весьма низкий уровень реализации возможной изменчивости – соответственно 7,4 и 14,3 %.

При анализе по κ-Cn локусу белков крови также выявлено, что генное равновесие нарушено ($\chi^2 = 10,25$; $P < 0,025$). Встречается редкая κ-Cn F-аллель с частотой 0,05.

На наш взгляд, нарушение генного равновесия является следствием случайного дрейфа генов из-за малочисленности и изолированности поголовья. Чтобы не допустить дальнейшего сужения генетического разнообразия у якутского скота, надо увеличить или по крайней мере сохранить нынешнее его поголовье и вести генетический мониторинг.

Литература

1. *Сулимова Г.Е., Бадагуева Ю.Н., Удина И.Г.* Полиморфизм гена каппа – казеина в популяциях подсемейства *Bovinae* // Генетика. 1996. Т. 32. С. 1576–1582.
2. *Иолчиев Б.С., Еремина М.А.* Использование полиморфных систем белков молока в селекции // Молочное и мясное скотоводство. 1996. № 2. С. 20–22.
3. *Гладырь Е.А.* ДНК-диагностика вариантов генов каппа-казеина и бета- лактоглобулина у крупного рогатого скота: автореф. дис … канд. биол. наук.: 06.02.01. Дубровицы, 2001. 21 с.
4. *Гладырь Е.А., Костюнина О.В., Зиновьева Н.А.* Диагностика полиморфизма гена альфа-лактальбумина крупного рогатого скота // Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных. Дубровицы, 2002. С. 109–110.
5. *Калашникова Л.А., Стрелкова Н.А., Голубина Е.П.* Полиморфизм гена каппа-казеина крупного рогатого скота красно-пестрой породы // Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных. Дубровицы, 2002. С. 137–138.
6. *Тинаев А.Ш.* Хозяйственно полезные признаки продуктивности первотелок черно-пестрой породы с разными генотипами по локусу гена каппа-казеина: автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 06.02.07. Лесные Поляны, 2003. 18 с.
7. *Костюнина О.В.* Молекулярная диагностика генетического полиморфизма основных молочных белков и их связь с технологическими свойствами молока: дис. … канд. биол. наук: 03.00.23. Дубровицы, 2005. 127 с.
8. *Калашникова Л.А.* Геномная оценка молочного скота // Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 1. С.10–12.
9. *Ахметов Т.М.* Использование методов маркер-вспомогательной селекции в молочном скотоводстве Республики Татарстан: дис. … д-ра биол. наук: 06.02.01. Казань, 2009. 277 с.
10. *Дроздов Е.В.* Полиморфизм генов, связанных с молочной продуктивностью крупного рогатого скота: автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.02.07. СПб.: Пушкин, 2013. 24 с.
11. *Позовникова М.В., Сердюк Г.Н., Погорельский И.А.* и др. Генетическая структура коров молочных пород по ДНК-маркерам и влияние их генотипов на молочную продуктивность // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 2. С. 8–12.

12. *Ярлыков Н.Г., Тамарова Р.В.* Влияние генотипа каппа-казеина на сыропригодность молока коров ярославской породы и михайловского типа: монография. Ярославль: Изд-во Ярославской ГСХА, 2012. 124 с.
13. *Сулимова Г.Е., Ахани-Азари М., Ростамзадех Д.* и др. Аллельный полиморфизм гена каппа-казеина (*CSN3*) у российских пород крупного рогатого скота и его информативность как генетического маркера // Генетика. 2007. Т. 43, № 1. С. 88–95.
14. *Зиновьева Н.А., Попов А.П., Эрнст Л.К.* и др. Методические рекомендации по использованию метода полимеразной цепной реакции в животноводстве. Дубровицы: Изд-во ВИЖ, 1998. 47 с.
15. *Тепел А.* Химия и физика молока. М.: Пищевая промышленность, 1979. 624 с.
16. *Martin P., Bianchi L., Cebo C., Miranda G.* Genetic polymorphism of milk proteins: Quantitative variability and molecular diversity. Advanced dairy chemistry. Springer Science+Business, Media. New York, 2013. V. 1A: Proteins: Basic Aspects, 4th ed. P. 387–429. DOI: 10.1007/978-1-4614-4714-6.
17. *Эрнст Л.К., Зиновьева Н.А.* Биологические проблемы животноводства в XXI веке. М.: Изд-во РАСХН, 2008. 508 с.
18. *Хабибрахманова Я.А.* Полиморфизм генов молочных белков и гормонов крупного рогатого скота: дис. ... канд. биол. наук: 06.02.01. Лесные Поляны: Изд-во ВНИИплем, 2009. 20 с.
19. *Ng-Kwai Hang K.F.* Genetic variants of milk proteins and cheese yield // IDF Seminar Cheese yield and factors affecting its control. Cork, 1993. P. 160–166.

References

1. *Sulimova G.E., Badagueva Yu.N., Udina I.G.* Polimorfizm gena kappa – kazeina v populyatsiyakh podsemeistva Bovinae // Genetika. 1996. T. 32. S. 1576–1582.
2. *Iolchiev B.S., Eremina M.A.* Ispol'zovanie polimorfnykh sistem belkov moloka v selektsii // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 1996. № 2. S. 20–22.
3. *Gladyr' E.A.* DNK-diagnostika variantov genov kappa-kazeina i beta-laktoglobulina u krupnogo rogatogo skota: avtoref. dis. … kand. biol. nauk: 06.02.01. Dubrovitsy, 2001. 21 s.
4. *Gladyr' E.A., Kostyunina O.V., Zinov'eva N.A.* Diagnostika polimorfizma gena al'fa-laktal'bumina krupnogo rogatogo skota // Sovremennye dostizheniya i problemy biotekhnologii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. Dubrovitsy, 2002. S. 109–110.
5. *Kalashnikova L.A., Strelkova N.A., Golubina E.P.* Polimorfizm gena kappa-kazeina krupnogo rogatogo skota krasno-pestroi porody // Sovremennye dostizheniya i problemy biotekhnologii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. Dubrovitsy, 2002. S. 137–138.
6. *Tinaev A.Sh.* Khozyaistvenno poleznye priznaki produktivnosti pervotelok cherno-pestroi porody s raznymi genotipami po lokusu gena kappa-kazeina: avtoref. dis. … kand. s.-kh. nauk: 06.02.07. Lesnye Polyany, 2003. 18 s.
7. *Kostyunina O.V.* Molekulyarnaya diagnostika geneticheskogo polimorfizma osnovnykh molochnykh belkov i ikh svyaz' s tekhnologicheskimi svoistvami moloka: dis. … kand. biol. nauk: 03.00.23. Dubrovitsy, 2005. 127 s.
8. *Kalashnikova L.A.* Genomnaya otsenka molochnogo skota // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2010. № 1. S.10–12.
9. *Akhmetov T.M.* Ispol'zovanie metodov marker-vspomogatel'noi selektsii v molochnom skotovodstve Respubliki Tatarstan: dis. … d-ra biol. nauk: 06.02.01. Kazan', 2009. 277 s.
10. *Drozdov E.V.* Polimorfizm genov, svyazannykh s molochnoi produktivnost'yu krupnogo rogatogo skota: avtoref. dis. … kand. biol. nauk: 03.02.07. SPb.: Pushkin, 2013. 24 s.
11. *Pozovnikova M.V., Serdyuk G.N., Pogorel'skii I.A.* i dr. Geneticheskaya struktura korov molochnykh porod po DNK-markeram i vliyanie ikh genotipov na molochnuyu produktivnost' // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2016. № 2. S. 8–12.

12. *Yarlykov N.G., Tamarova R.V.* Vliyanie genotipa kappa-kazeina na syroprigodnost' moloka korov yaroslavskoi porody i mikhailovskogo tipa: monografiya. Yaroslavl': Izd-vo Yaroslavskoy GSKHA, 2012. 124 s.
13. *Sulimova G.E., Akhani-Azari M., Rostamzadekh D.* i dr. Allel'nyi polimorfizm gena kappa-kazeina (CSN3) u rossiiskikh porod krupnogo rogatogo skota i ego informativnost' kak geneticheskogo markera // Genetika. 2007. T. 43, № 1. S. 88–95.
14. *Zinov'eva H.A., Popov A.P., Ehrnst L.K.* i dr. Metodicheskie rekomendatsii po ispol'zovaniyu metoda polimeraznoi tsepnoi reaktsii v zhivotnovodstve. Dubrovitsy: Izd-vo VIZH, 1998. 47 s.
15. *Tepel A.* Khimiya i fizika moloka. M.: Pishchevaya promyshlennost', 1979. 624 s.
16. *Martin P., Bianchi L., Cebo C., Miranda G.* Genetic polymorphism of milk proteins: Quantitative variability and molecular diversity. Advanced dairy chemistry. Springer Science+Business, Media. New York, 2013. V. 1A: Proteins: Basic Aspects, 4th ed. P. 387–429. DOI: 10.1007/978-1-4614-4714-6.
17. *Ehrnst L.K., Zinov'eva N.A.* Biologicheskie problemy zhivotnovodstva v XXI veke. M.: Izd-vo RASKHN, 2008. 508 s.
18. *Khabibrakhmanova Ya.A.* Polimorfizm genov molochnykh belkov i gormonov krupnogo rogatogo skota: dis. ... kand. biol. nauk: 06.02.01. Lesnye Polyany: Izd-vo VNIIplem, 2009. 20 s.
19. *Ng-Kwai Hang K.F.* Genetic variants of milk proteins and cheese yield // IDF Seminar Cheese yield and factors affecting its control. Cork, 1993. P. 160–166.