

эффективности животноводческой отрасли в учебном хозяйстве.

**Заключение.** Установлено, что стадо коров в учебном хозяйстве в целом молодое. Средний срок использования коров в учебном хозяйстве составляет менее 2-х лактаций. Молочная продуктивность коров в учебном хозяйстве возрастает до 5 отела. Различия по удою первотелок и коров по 5 лактации достоверны ( $p < 0,05$ ). По содержанию жира в молоке различий в стаде коров в зависимости от их возрастной изменчивости не установлено.

Таблица - Связь продуктивности коров с продолжительностью сервис-периода

Показатели	Продолжительность сервис-периода, дн				
	до 30	31-60	61-90	91-120	121 и более
Количество голов	17	19	25	23	20
Удой, кг $\bar{X} \pm m$	5593±197	5735±173	5847±152	5911±147**	5865±183
Жир, % $\bar{X} \pm m$	3,61±0,02	3,60±0,02	3,61±0,03	3,59±0,02	3,60±0,04
Молочный жир, кг $\bar{X} \pm m$	201,9±11,5	206,5±7,1	211,0±5,6	212,2±5,3	211,1±6,9

Для повышения племенных и продуктивных качеств животных, увеличения их генетического потенциала целесообразно увеличить средний срок использования коров в учебном хозяйстве.

Выявлена зависимость молочной продуктивности коров от продолжительности их сервис-периода. С уменьшением его продолжительности снижается удой. Различия по показателям удоев у коров с разной продолжительностью их сервис-периода высоко достоверны ( $p < 0,01$ ).

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что выявленные резервы при обеспечении животных полноценным кормлением, предоставлении им оптимальных условий содержания и целенаправленной селекционно-племенной работе позволят достигнуть дальнейшего роста молочной продуктивности стада коров белорусской черно-пестрой породы скота. Они будут способствовать увеличению генетического потенциала молочной продуктивности коров в учебном хозяйстве аграрного колледжа УО ВГАВМ Витебского района. Анализируемые факторы роста молочной продуктивности стада вполне реальны и доступны учебному хозяйству.

**Литература.** 1. Бекиш, Р.В. Факторы роста молочной продуктивности коров / Р.В. Бекиш // Ученые записки УО ВГАВМ. – Т. 44. – Вып. – 1. – 2008 г. – С 179 – 181. 2. Караба В.И. Разведение сельскохозяйственных животных / В.И. Караба, В.В. Пилько, В.М. Борисов. / Учебное пособие. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2005. 368 с. 3. Попков, И. А. Системы ведения молочного скотоводства РБ / И.А. Попков, П.Н. Шагов, И.П. Шейко и др; под ред. И.А. Попков.- Минск, 2002.- 323 с. 4. Прохоренко, П. Влияние различных факторов на продуктивное долголетие коров / П. Прохоренко, С. Тяпугин // Молочное и мясное скотоводство. – 2005. – № 7. – С. 13-16. 5. Шляхтунов, В.И. Скотоводство и технология производства молока и говядины: учеб. для с.-х. вузов / В.И. Шляхтунов, В.С. Антонюк, Д.М. Бубен. – Минск: Ураджай, 1997. – 464 с.

УДК 336.2.082.12

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ БЕЛКОВ МОЛОКА С ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЛЕМЕННЫХ КОРОВ БЕЛОРУССКОЙ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ

Грибанова Ж.А.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству»,  
г.Жодино, Республика Беларусь

Проведено генотипирование популяции коров белорусской черно-пестрой породы по локусам генов каппа-казеина (CSN3), бета-лактоглобулина (BLG) и альфа-лактальбумина (LALBA). Проанализирована молочная продуктивность коров в зависимости от генотипов данных генов. Установлено превосходство животных с генотипами CSN3<sup>BB</sup> и BLG<sup>BB</sup> по показателю содержания белка в молоке.

*Genotyping of cows population of Belarusian black-mottled breed on loci of CSN3, BLG and LALBA genes is carried out. Milk productivity of cows depending on genotypes of the given genes is analyzed. Superiority of animals with genotypes CSN3<sup>BB</sup> and BLG<sup>BB</sup> on index of milk protein content is determined.*

**Введение.** Повышение уровня молочной продуктивности, качества молока и экономической эффективности его производства является основной целью при разведении молочных пород крупного рогатого скота. В последнее время большое внимание уделяется признакам белкомолочности и технологическим свойствам молока. С развитием молекулярной генетики стала возможной идентификация генов, связанных с продуктивными признаками. В молочном скотоводстве это в первую очередь гены, кодирующие белки: каппа-казеин (CSN3), бета-лактоглобулин (BLG) и альфа-лактальбумин (LALBA).

Ген CSN3 – один из наиболее известных генов, связанных с уровнем белка в молоке. В ряде исследований [1,2] показано, что аллель CSN3<sup>B</sup> имеет ряд отличительных особенностей по сравнению с аллелем CSN3<sup>A</sup>: различие в размере мицелл, более высокое содержание протеина, большая стабильность при нагрева-

нии и замораживании. лучшие свойства для сыроделия (более короткое время коагуляции, коагулят более плотной консистенции). Животные с гомозиготным генотипом CSN3<sup>BB</sup> имеют превосходство по содержанию белка на 0,2-0,4% [3]. Молоко, полученное от этих коров, по технологическим параметрам имеет преимущество для производ-ства белкомолочных продуктов: повышение содержания казеина в молоке увеличивает выход сыра не только за счет массы казеина, но и за счет увеличения количества связываемой влаги.

Гены сывороточных белков молока BLG и LALBA в дополнение к CSN3 находят применение в маркер-зависимой селекции. Аллель BLG<sup>B</sup> связывают с высоким содержанием в молоке казеиновых белков и лучшими параметрами казеинового коагулята, аллель BLG<sup>A</sup> ассоциируют с большим общим удоем и высоким содержанием сывороточных белков[4,5].

Ген LALBA играет функциональную роль в изменении объема синтезируемого молока: животные с ге-нотипом LALBA<sup>AA</sup> превосходят по уровню удоя животных с генотипом LALBA<sup>BB</sup>.

Цель наших исследований заключалась в определении влияния полиморфных вариантов генов kappa-казеина, бета-лактоглобулина и альфа-лактальбумина на показатели молочной продуктивности (удой, содержа-ние жира и белка) племенных коров белорусской черно-пестрой породы.

**Материал и методы.** Исследования проводили в РУСП экспериментальной базе «Жодино» Минской области. Объектом исследований были племенные коровы белорусской черно-пестрой породы. Все животные находились в одном отделении хозяйства в одинаковых условиях содержания и кормления. ДНК-тестирование животных осуществлялось на базе РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству».

Для идентификации генотипов животных по локусам генов белков молока (CSN3, BLG и LALBA) у ис-следуемых коров взяли биопробы ткани ушной раковины. Ядерную ДНК выделяли перхлоратным методом с собственными модификациями. При проведении полимеразной цепной реакции (ПЦР) использовали праймеры, специфические для каждого гена.

Для амплификации фрагмента гена CSN3:

CAS1 5' - ATA GCC AAA TAT ATC CCA ATT CAG T - 3'

CAS2 5' - TTT ATT AAT AAG TCC ATG AAT CTT G - 3'

Для амплификации фрагмента гена LALBA:

LAC 1 5' - AAG AGT TGG ATG GAA TCA CC - 3'

LAC 2 5' - TTC AAA TTG CTG GCA TCA AGC - 3'

Для амплификации фрагмента гена BLG:

LG 1 5' - TGT GCT GGA CAC CGA CTA CAA AAA G - 3'

LG 2 5' - GCT CCC GGT ATA TGA CCA CCC TCT - 3'

ПЦР-программа выбиралась согласно существующим методикам.

Рестрикция амплифицированных участков генов CSN3, LALBA и BLG осуществлялась с использовани-ем рестриктаз HindIII, SduI и HaeIII соответственно при температуре 37°C в течение 5-6 часов.

Концентрацию, нативность, подвижность ДНК, концентрацию и специфичность амплификата, а также результаты расщепления рестриктазой продуктов ПЦР оценивали электрофоретическим методом в агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, с помощью трансиллюминатора в УФ-свете. Для анализа распределе-ния рестриционных фрагментов ДНК использовали компьютерную видеосистему и программу VITran. В каче-стве маркера использовали ДНК плазмиды pBR322, расщепленную рестриктазой AluI либо рестриктазой BsuRI.

По результатам ДНК-тестирования были сформированы опытные группы коров в соответствии с ге-нотипами: CSN3<sup>AA</sup>, CSN3<sup>AB</sup>, CSN3<sup>BB</sup>, BLG<sup>AA</sup>, BLG<sup>AB</sup>, BLG<sup>BB</sup>, LALBA<sup>AA</sup>, LALBA<sup>AB</sup>, LALBA<sup>BB</sup>. Для каждой из групп по результатам контрольных доек и данным зоотехнического учета были изучены следующие показатели молоч-ной продуктивности: удой (кг) (с учетом количества лактаций), содержание жира (%) и белка (%) в молоке.

Проведена статистическая обработка полученных данных с использованием метода хи-квадрат для проверки генного равновесия по вышеуказанным локусам.

**Результаты исследований.** По результатам ПЦР-ПДРФ анализа идентифицированы генотипы жи-вотных по исследуемым генам (рисунки 1,2,3).

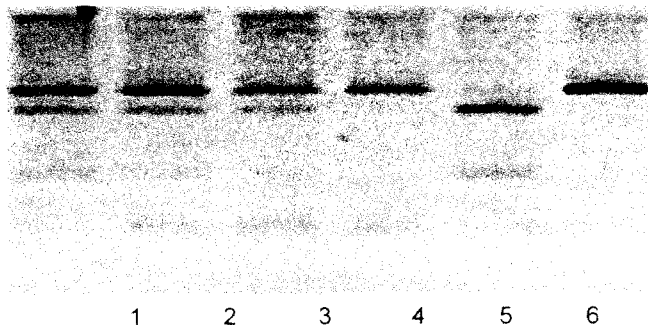
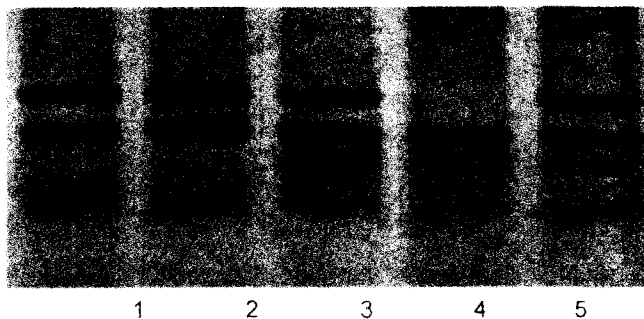


Рисунок 1 - Генотипы коров по локусу гена CSN3

Дорожки 4, 6 – генотип CSN3<sup>AA</sup> – фрагмент 530 п.о.

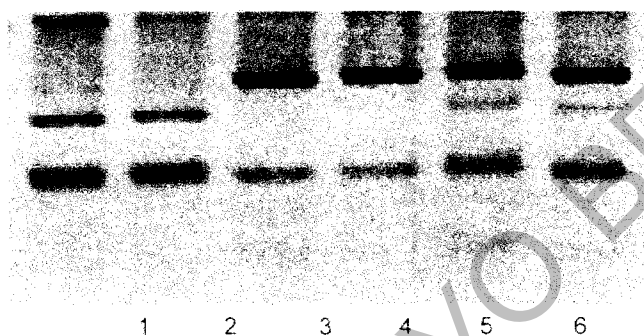
Дорожка 1,2,3 – генотип CSN3<sup>AB</sup> – фрагменты 530, 400 и 130 п.о.

Дорожка 5 – генотип CSN3<sup>BB</sup> – фрагменты 400 и 130 п.о.



**Рисунок 2 – Генотипы коров по гену BLG**

Дорожки 1,2 – генотип BLG<sup>AA</sup> – фрагменты 148, 99 п.о.  
 Дорожка 3,5 – генотип BLG<sup>AB</sup> – фрагменты 148, 99 и 74 п.о.  
 Дорожка 4 – генотип BLG<sup>BB</sup> – фрагменты 99 и 74 п.о.



**Рисунок 3 – Генотипы коров по гену LALBA**

Дорожка 3,4 – генотип LALBA<sup>AA</sup> – фрагменты 328, 102 п.о.  
 Дорожка 5,6 – генотип LALBA<sup>AB</sup> – фрагменты 328, 211, 117 и 102 п.о.  
 Дорожки 1,2 – генотип LALBA<sup>BB</sup> – фрагменты 211, 117 и 102 п.о.

В ходе работы было установлено наличие полиморфизма по всем трем генам молочных белков среди племенных коров белорусской черно-пестрой породы. Распределение аллельных и генотипических частот по изученным генам представлено в таблице 1

**Таблица 1 - Частоты встречаемости аллелей и генотипов генов CSN3, BLG и LALBA у племенных коров белорусской черно-пестрой породы**

Тестируемый ген	Кол-во гол.	Распределение генотипов	Частота встречаемости					χ <sup>2</sup>
			генотипов, %			аллелей		
			AA	AB	BB	A	B	
CSN3	185	Ф	63	33	4	0,795	0,205	0,008
		Т	63,1	32,7	4,2			
BLG	185	Ф	25	47	28	0,489	0,511	0,64
		Т	23,9	50,0	26,1			
LALBA	170	Ф	32	54	14	0,591	0,409	1,96
		Т	34,9	48,3	16,7			

При изучении полиморфизма гена каппа-казеина выявлено значительное превышение частоты встречаемости аллеля CSN3<sup>A</sup> над аллелем CSN3<sup>B</sup> (0,795 и 0,205 соответственно). Наибольшую частоту встречаемости среди исследованных животных имел гомозиготный генотип CSN3<sup>AA</sup> – 63%. Частота встречаемости гетерозиготного генотипа CSN3<sup>AB</sup> составила 33%, и лишь 4% протестированных коров имело гомозиготный генотип CSN3<sup>BB</sup>.

Изучение полиморфизма гена бета-лактоглобулина показало, что частота встречаемости аллельных вариантов распределилась следующим образом: BLG<sup>A</sup> (0,489) и BLG<sup>B</sup> (0,511). Доля животных с генотипом BLG<sup>AB</sup> составила около половины (47%) от всех протестированных особей. Частота гомозиготных генотипов BLG<sup>AA</sup> и BLG<sup>BB</sup> была почти одинаковой – 25% и 28% соответственно.

Выявлено три варианта генотипов альфа-лактальбумина, из которых наибольшей частотой встречаемости характеризовался гетерозиготный генотип LALBA<sup>AB</sup>, идентифицированный у более половины всех протестированных животных (54%). Доля гомозиготных генотипов составила: LALBA<sup>AA</sup> (32%) и LALBA<sup>BB</sup> (14%). Частоты встречаемости аллелей гена альфа-лактальбумина имели следующие значения: LALBA<sup>A</sup> (0,591) и LALBA<sup>B</sup> (0,409).

По полученным данным рассчитано генетическое равновесие для локусов исследуемых генов: значение χ<sup>2</sup> по всем изученным локусам было в пределах 0,008 - 1,96 и не превышало табличного значения. Использо-

зование метода Харди-Вайнберга позволило установить, что в данном стаде нет сдвига генетического равновесия ни по одному из трех генов. Это свидетельствует об отсутствии отбора, затрагивающего генотипы животных по локусам генов молочных белков.

Следующим этапом исследований являлось изучение показателей молочной продуктивности коров различных генотипов по локусам генов: CSN3, BLG, LALBA. Результаты представлены в таблице 2.

Анализ данных молочной продуктивности групп с различными генотипами по локусу гена CSN3 показал, что в экспериментальной базе «Жодино» наивысшие показатели по удою наблюдались в группе животных с генотипом CSN3<sup>AA</sup>. Коровы с этим генотипом превосходили по удою животных с генотипом CSN3<sup>AB</sup> на 225 кг молока и генотипом CSN3<sup>BB</sup> - на 616 кг. Полученные результаты согласуются с данными научной литературы [6].

**Таблица 2 - Показатели продуктивности племенных коров белорусской черно-пестрой породы с различными генотипами по локусам генов CSN3, BLG и LALBA**

Генотип животных	Кол-во животных, голов	Показатели		
		Удой, кг	Жир, %	Белок, %
CSN3 <sup>AA</sup>	117	9012 ± 154	3,79 ± 0,02	3,20 ± 0,01
CSN3 <sup>AB</sup>	60	8787 ± 143	3,81 ± 0,01	3,23 ± 0,01
CSN3 <sup>BB</sup>	8	8396 ± 338	3,94 ± 0,07*	3,25 ± 0,02*
BLG <sup>AA</sup>	47	8958 ± 240	3,79 ± 0,02	3,19 ± 0,02
BLG <sup>AB</sup>	87	9088 ± 155	3,80 ± 0,02	3,21 ± 0,01
BLG <sup>BB</sup>	51	8581 ± 190	3,84 ± 0,02	3,24 ± 0,01*
LALBA <sup>AA</sup>	55	8910 ± 201	3,82 ± 0,03	3,21 ± 0,01
LALBA <sup>AB</sup>	91	8933 ± 157	3,79 ± 0,02	3,21 ± 0,01
LALBA <sup>BB</sup>	24	8618 ± 232	3,79 ± 0,03	3,22 ± 0,02

Разница с показателями генотипа CSN3<sup>AA</sup> и BLG<sup>AA</sup> достоверна при: \* - P<0,05

Средние показатели содержания жира по исследуемым группам были в пределах 3,79 - 3,94%. Наибольший процент жира имели животные с генотипом CSN3<sup>BB</sup>, наименьший - с генотипом CSN3<sup>AA</sup>.

Преимущество по содержанию белка в молоке (на 0,05%) выявлено в третьей группе (CSN3<sup>BB</sup>) по сравнению с животными генотипа CSN3<sup>AA</sup>. В молоке коров с генотипом CSN3<sup>AB</sup> среднее содержание белка составило 3,23%. Данный показатель наиболее точно отражает зависимость содержания белка в молоке от имеющихся в геноме животного полиморфных вариантов гена каппа-казеина.

Изучение признаков молочной продуктивности в группах коров, полиморфных по гену бета-лактоглобулина, показало отсутствие существенных различий по среднему удою между группами, однако животные, имеющие гомозиготные генотипы BLG<sup>AA</sup> и BLG<sup>BB</sup>, несколько уступали группе с генотипом BLG<sup>AB</sup>, на 130 кг и 507 кг, соответственно. Содержание жира и белка в молоке коров с генотипами BLG<sup>BB</sup> было выше, чем в группах BLG<sup>AB</sup> и BLG<sup>AA</sup> на 0,04% и 0,5% и на 0,03% и 0,05% соответственно.

Несколько иные показатели были получены по группам коров с полиморфными вариантами по гену LALBA. Наибольший удой отмечен в группе коров с генотипом LALBA<sup>AB</sup> (8933 кг), что на 23 кг выше, чем в группе с генотипом LALBA<sup>AA</sup> и на 315 кг больше, чем у животных с генотипом LALBA<sup>BB</sup>.

Наибольший показатель содержания жира был выявлен в группе коров гомозиготного генотипа LALBA<sup>AA</sup> (3,82%), наименьший - в восьмой (LALBA<sup>AB</sup>) и девятой (LALBA<sup>BB</sup>) группах - 3,79%. Данные по белку варьировали от 3,21% до 3,22%, не имея достоверных отличий в зависимости от генотипа.

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о том, что селекция животных ведется на основе традиционных методов оценки молочной продуктивности, без учета генетических факторов, оказывающих существенное влияние на качественный состав молочных белков.

Изучение полиморфизма генов CSN3, BLG и LALBA у племенных коров белорусской черно-пестрой породы и оценка их влияния на показатели молочной продуктивности даст возможность использовать полученные результаты в селекционных программах, направленных на повышение белкомолочности.

**Литература.** 1. Калашникова, Л. А. Влияние генотипа к-казеина на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы / Л. А. Калашникова, Е. А. Денисенко, А. Ш. Тинаев // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. к 55-летию Института. Т. 39. - Гродно, 2004. - С. 50-56. 2. Рахманалиев, Э. Р. Типирование крупного рогатого скота черно-пестрой породы по гену каппа-казеина / Э. Р. Рахманалиев, Г. Е. Сулимова // Молекулярно-генетические маркеры животных : тез. докл. третьей междунар. конф. - Киев, 1999. - С.20-21. 3. Юхманова, Н. А. Влияние генетических вариантов каппа-казеина на технологические свойства молока и состав сыра скота красно-пестрой породы / Н. А. Юхманова, Л. А. Калашникова // Ветеринарная генетика, селекция и экология : материалы 2-й Междунар. науч. конф. / Новосибирский гос. аграрный ун-т. - Новосибирск, 2003. - С. 258-259. 4. Иванченко, Е. В., Облап Р. В., Глазко В. И. Полиморфизм хозяйственно-ценных генов (бета-лактоглобулин, каппа-казеин) у аутохонных пород Украины. // Материалы н.г. конф. посвященной 100-летию со дня рождения А. Р. Жебрака и 70-летию образования кафедры генетики Московской с.-х. Академии им. К. А. Тимирязева. - М., -2002. С.126-128. 5. Технологические свойства молока коров разных генотипов по генам каппа-казеина, бета-лактальбумина и альфа-лактальбумина / О. В. Костюнина О.В. [и др.] // Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных : материалы 4-й междунар. науч. конф., 24-25 нояб. - Дубровицы, 2004. - С. 2. - Соавт. : Хрипякова Е. Н., Стрекозов Н. И., Зиновьева Н. А. 6. Меркурьева, Е. К. Генетические основы селекции в скотоводстве / Е. К. Меркурьева. - М. : Колос, 1977. - 240 с.