

УДК 591.151:577.112:636.933.2.034

Т. А. ЛУПОЛОВА\*, В. С. ПЕТКУ\*\*

## ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ ЛАКТОПРОТЕИНОВ И ВЛИЯНИЕ ЛОКУСА $\beta$ Lg НА ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВЕЦ КАРАКУЛЬСКОЙ ПОРОДЫ

\*Мозырский государственный педагогический университет им. И. П. Шамякина, Беларусь,

\*\*Государственный аграрный университет Молдовы, г. Кишинэу

(Поступила в редакцию 07.03.2008)

**Введение.** В настоящее время ведется активный поиск наличия у сельскохозяйственных животных, в частности овец, возможной взаимосвязи отдельных локусов, а также комплексных генотипов с продуктивностью, воспроизводительной способностью, устойчивостью к болезням, продолжительностью хозяйственного использования и т. д. [1]. В этой связи для выявления связи удоя, жирности молока с полиморфизмом белков определенным интерес представляет анализ молока по генам казеина [2].

В исследованиях L. Chianese [3] установлено, что белок  $\alpha$ S<sub>1</sub>Cn<sup>A</sup> трудно перерабатывается при получении сыров и дает продукцию более низкого качества (у молекулы этого белка утрачена часть аминокислот). Для аллеля  $\alpha$ S<sub>1</sub>Cn<sup>B</sup> характерна пониженная частота встречаемости. Изменение частоты определенного аллеля типа белков или группы крови при проведении отбора в стаде также может указывать на связь между иммуногенетическими свойствами и продуктивностью [4].

Цель настоящего исследования – изучение генетического полиморфизма лактопротеинов  $\alpha$ <sub>1</sub>S<sub>1</sub>Cn, bCn, kCn, bLg и определение влияния локуса  $\beta$ Lg на показатели молочной продуктивности овец каракульской породы.

**Материалы и методы исследования.** На базе Государственного аграрного университета Молдовы (г. Кишинэу) в 2006–2007 гг. проводили опыты на популяции овец каракульской породы ( $n = 31$ ) овцеводческой фермы при НПО «Tevit».

Наследственно обусловленные типы белков определяли методом горизонтального электрофореза [5, 6]. В качестве поддерживающей среды использовали гель, приготовленный из гидролизованного крахмала.

Вычисление генетического равновесия в изучаемых популяциях по каждому локусу проводили согласно тесту  $\chi^2$ .

**Результаты и их обсуждение.** Казеин – главный белок молока всех млекопитающих. Присутствует в молоке в форме казеината кальция. В свежем молоке казеин находится в виде небольших частиц, суспендированных в жидкости, которая иногда обозначается как казеиноген. При скисании молоко свертывается и казеин оседает в виде творожного сгустка [7].

Растворимость казеина в различных растворах – важный фактор, определяющий его промышленное получение. Казеин растворим в разбавленных растворах щелочей и в сильных кислотах, однако нерастворим в разбавленных кислотах, где он выпадает в форме осадка.

**Альфа-S<sub>1</sub>-казеин** ( $\alpha$ S<sub>1</sub>Cn) – это молочный белок, который составляет основную часть казеинового комплекса молока. Молекулы  $\alpha$ S<sub>1</sub>Cn состоят из простой пептидной цепи, которая содержит 199 аминокислот, но не содержит цистин. По данным P. Martin [8], в этом локусе локализовано в общем порядке 7 кодоминантных аллелей, которые находятся в 4-й хромосоме.

В наших исследованиях в молоке овец в локусе альфа-S<sub>1</sub>-казеин было обнаружено присутствие трех аллелей –  $\alpha$ <sub>1</sub>S<sub>1</sub>Cn<sup>A</sup>,  $\alpha$ S<sub>1</sub>Cn<sup>B</sup>,  $\alpha$ S<sub>1</sub>Cn<sup>C</sup> с более высокой частотой для типа  $\alpha$ S<sub>1</sub>Cn<sup>B</sup> – 0,9355.

Т а б л и ц а 1. **Распределение овец по типу альфа-S<sub>1</sub>-казеина**

Генетический вариант αS <sub>1</sub> -казеина	Количество животных*	χ <sup>2</sup>
АА	0 (0,03)	0,03
АВ	2 (1,87)	0,01
ВВ	27 (27,13)	0,00
ВС	2 (1,87)	0,01
АС	0 (0,065)	0,07
СС	0 (0,03)	0,03
Итого	31 (31)	0,14

\* В скобках приведено теоретически ожидаемое число. То же для табл. 2–4.

Исследуемая популяция находилась в генетическом равновесии по тесту χ<sup>2</sup> (0,00–0,14).

**Бета-казеин (βСп)** – молочный белок, состоящий из 209 аминокислот, не содержит цистин, но имеет высокое содержание пролина, который составляет 25–35% от общего молочного белка. Он растворяется при низких температурах и может диссоциироваться без нарушения целостности. Эта фракция является самой гидрофобной фракцией, содержащей больше пролина.

Т а б л и ц а 2. **Распределение овец каракульской породы по типу бета-казеина**

Генетический вариант β-казеина	Количество животных	χ <sup>2</sup>
АА	15 (11,04)	1,42
АВ	7 (14,92)	4,20
ВВ	9 (5,04)	3,11
Итого	31 (31)	8,73

Присутствие двух аллелей в анализируемой популяции позволило распределить животных по типу β-казеина с тремя генотипами (табл. 2). В опытной группе чаще встречался гомозиготный генотип АА – 15 особей (48,4%). Гомозиготными генотипами ВВ обладали 9 особей (29%), а гетерозиготный генотип АВ встречался реже – 7 особей (22,6%).

Показатели χ<sup>2</sup> (1,42–8,73) указывают на генетическое равновесие в исследуемой популяции животных.

**Каппа-казеин (κСп)** – одна из конструктивных частей казеинового комплекса молока, имеет значение при производстве творога, сыров [10].

Изучение ДНК, а именно гена, который контролирует κСп, выявило различия этого белка на молекулярном уровне. Он содержит 169 аминокислот. На данный момент в этом локусе установлено присутствие 6 аллелей [11].

Т а б л и ц а 3. **Распределение овец каракульской породы по типу каппа-казеина**

Генетический вариант κ-казеина	Количество животных	χ <sup>2</sup>
АА	18 (17,81)	0,00
АВ	11 (11,37)	0,01
ВВ	2 (1,81)	0,02
Итого	31 (31)	0,03

Популяция овец по типу κ-казеина была распределена по трем генотипам – АА, АВ, ВВ (табл. 3): наибольшую численность составил гомозиготный генотип АА – 18 особей (58%), гетерозиготными генотипами АВ обладали 11 особей (35,5%), а гомозиготными ВВ – 2 особи (6,5%). Исследуемая популяция находилась в генетическом равновесии, согласно закону Гарди–Вайнберга, по тесту χ<sup>2</sup> (0,00–0,03).

**Бета-лактоглобулин (βLg)** – это молочный белок, который имеет особую структуру полиморфизма. Локус, контролирующий синтез βLg, у овец локализован на второй хромосоме, считается, что он придает вкус молоку. По данным F. Grosclaude [11], в этом локусе локализованы в общем порядке 6 аллелей.

Такой высокий показатель, вероятно, связан со специфичностью каракульской породы. Одинаковые частоты были установлены для α<sub>1</sub>S<sub>1</sub>Сп<sup>А</sup> и αS<sub>1</sub>Сп<sup>С</sup> – 0,0323.

Генотипы особей по типу белка αS<sub>1</sub>Сп в популяции распределились следующим образом: 2 особи (6,45%) составили гетерозиготный генотип АВ, 27 особей (87,1%) имели гомозиготный генотип ВВ, 2 особи (6,45%) – гетерозиготный генотип ВС (табл. 1). Гомозиготных особей с генотипом АА не было обнаружено, что обусловлено генотипами предков овец каракульской породы.

До недавнего времени локус βСп считался мономорфным [9], но в последнее время его полиморфизм был раскрыт. В этом локусе локализованы в общем порядке 6 аллелей [8].

В наших исследованиях в молоке овец каракульской породы было установлено только присутствие двух аллелей – βСп<sup>А</sup> и βСп<sup>В</sup> – с частотами 0,5968 и 0,4032 соответственно.

В наших исследованиях в молоке овец каракульской породы было обнаружено 2 аллеля с наибольшей частотой для κСп<sup>А</sup> (0,7580) и наименьшей для κСп<sup>В</sup> (0,2419).

Популяция овец по типу κ-казеина была распределена по трем генотипам – АА, АВ, ВВ (табл. 3): наибольшую численность составил гомозиготный генотип АА – 18 особей (58%), гетерозиготными генотипами АВ обладали 11 особей (35,5%), а гомозиготными ВВ – 2 особи (6,5%).

В наших исследованиях было обнаружено 2 аллеля –  $\beta\text{Lg}^A$  (0,6774) и  $\beta\text{Lg}^B$  (0,3223), с более высокой частотой для типа  $\beta\text{Lg}^A$ .

Популяция овец по типам  $\beta$ -лактоглобулина распределилась по трем генотипам следующим образом: гомозиготный генотип AA – 15 особей (48,4%), гетерозиготный генотип AB – 12 особей (38,7%), гомозиготный генотип BB – 4 особи (12,9%) (табл. 4).

Результаты  $\chi^2$  (0,04–0,41) показывают генетическое равновесие в исследуемой популяции.

Для определения влияния локуса  $\beta\text{Lg}$  на продуктивные качества исследуемых животных с различными генотипами анализировали по показателям молочной продуктивности (табл. 5).

Таблица 4. Распределение овец каракульской породы по типу бета-лактоглобулина

Генетический вариант $\beta$ -лактоглобулина	Количество животных	$\chi^2$
AA	15 (14,22)	0,04
AB	12 (13,54)	0,18
BB	4 (3,22)	0,19
Итого	31 (31)	0,41

Таблица 5. Характеристика овец каракульской породы по показателям молочной продуктивности в локусе  $\beta\text{Lg}$

Показатель	$\beta\text{Lg}$ AA (n = 15)		$\beta\text{Lg}$ AB (n = 12)		$\beta\text{Lg}$ BB (n = 4)	
	$X \pm Sx$	$C_p \pm Scv$ %	$X \pm Sx$	$C_p \pm Scv$ %	$X \pm Sx$	$C_p \pm Scv$ %
Продуктивность, л	11,61 $\pm$ 0,55	37,50 $\pm$ 3,42	10,24 $\pm$ 0,50	50,00 $\pm$ 5,10	9,09 $\pm$ 0,75	40,00 $\pm$ 7,07
Жир, %	8,07 $\pm$ 1,04	17,60 $\pm$ 1,61	7,94 $\pm$ 1,14	17,76 $\pm$ 1,80	8,55 $\pm$ 2,14	16,96 $\pm$ 2,30
Сухое вещество, %	18,93 $\pm$ 2,44	10,51 $\pm$ 0,96	18,69 $\pm$ 2,70	11,23 $\pm$ 1,14	19,48 $\pm$ 4,87	11,24 $\pm$ 1,99
Протеин, %	4,66 $\pm$ 0,60	21,03 $\pm$ 1,92	4,82 $\pm$ 0,70	18,26 $\pm$ 1,87	4,37 $\pm$ 1,10	22,88 $\pm$ 4,04
Казеин, %	3,70 $\pm$ 0,48	21,62 $\pm$ 1,97	3,73 $\pm$ 0,54	18,23 $\pm$ 1,86	3,45 $\pm$ 0,86	23,48 $\pm$ 4,15

В анализируемой популяции особи с генотипом  $\beta\text{Lg}$  AA обладали более высокой молочной продуктивностью – 11,61 л. Для генотипа  $\beta\text{Lg}$  BB характерен самый высокий процент жира – 8,55%. Молоко, полученное от этих особей, превышало средний показатель процента жирномолочности для этой породы на 0,4%. В молоке овец с генотипом  $\beta\text{Lg}$  AB концентрации протеина и казеина были самые высокие – 4,82 и 3,73% соответственно.

**Заключение.** В результате исследования в молоке овец каракульской породы обнаружен полиморфизм  $\alpha$ -казеинов,  $\beta$ -казеинов,  $\kappa$ -казеинов и  $\beta$ -лактоглобулинов. Установлено влияние локуса  $\beta\text{Lg}$  на продуктивные качества овец. Например, генотип AA влияет на молочную продуктивность – особи с таким генотипом производят больше молока по сравнению с остальными генотипами. Самый высокий процент жирности отмечен для генотипа  $\beta\text{Lg}$  BB, а по содержанию протеина и казеина приоритетными являются гетерозиготные особи AB. Таким образом, сложившаяся структура популяции по изученным белкам представляет собой целостную динамическую систему, имеющую преимущественно гомозиготные генотипы AA (для  $\alpha\text{S}_1\text{Cn}$  – BB) и находящуюся в состоянии генетического равновесия.

Полученные данные по локусу  $\beta\text{Lg}$  (в комплексе с другими существующими методами оценки и отбора овец) могут использоваться в качестве биохимического теста состояния генофонда породы, а также для прогнозирования на их основе продуктивных качеств животных.

## Литература

1. Мацевский, Я. Генетика и методы разведения животных / Я. Мацевский, Ю. Земба. – М.: Высшая школа, 1988. – С. 231–232.
2. Меркурьева, Е. К. Генетика с основами биометрии / Е. К. Меркурьева, Г. И. Шангин – Березовский. – М.: Колос, 1983. – С. 296.
3. Relationship between  $\alpha\text{s1}$ -casein variants and clotting capability of ovine milk / L. Chianese [et al.] // Milk Protein Polymorphism: International Dairy Federation. – 1997. – P. 316–323.
4. Жебровский, Л. С. Использование полиморфных белковых систем в селекции / Л. С. Жебровский, В. Е. Митютько. – Ленинград: Колос, 1982. – С. 34–40.
5. Жебровский, Л. С. Изучение состава молочных белков / Л. С. Жебровский. – Ленинград: Колос, 1979. – С. 38–41.
6. Smithies, O. Zone electrophoresis in starch gels / O. Smithies // Biochem. J. – 1955. – Vol. 61. – P. 629.

7. Барабаншиков, Н. В. Молочное дело / Н. В. Барабаншиков. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 33–35.
8. Martin, P. Polymorphisme de lactoprotéines caprines / P. Martin // Le Lait. – 1993. – Vol. 73. – N 5–6. – P. 511–532.
9. Dall'Olio, R. Ricerche elettroforetiche delle proteine del latte nella razza ovina Sopravissana / Dall'Olio, S. Davali, R. Bosi // Scienza e Tecnica Latiero-Casearia. – 1989. – Vol. 40. – P. 186–194.
10. Сулимова, Г. Е. Полиморфизм гена каппа-казеина в популяциях подсемейства Bovinae / Г. Е. Сулимова, Ю. Н. Бадагуева, И. Г. Удина // Генетика. – 1996. – Т. 32. – С. 1576–1582.
11. Grosclaude, F. Genetic polymorphism of milk proteins. Bulletin of the international / F. Grosclaude // Dairy Federation. – 1995. – N 304. – P. 2–3.

*T. A. LUPOLOVA, V. S. PETCU*

**GENETIC POLYMORPHISM OF LACTOPROTEINS AND THE INFLUENCE OF LOCUS BLG  
ON THE MILK PRODUCTION INDICES OF SHEEP OF KARAKUL BREED**

**Summary**

The scientific research has shown that the milk of the animals under discussion has polymorphism of the following milk proteins:  $\alpha S_1\text{Cn}$ ,  $\beta\text{Cn}$ ,  $k\text{Cn}$ ,  $\beta\text{Lg}$ . In the locus  $\alpha S_1\text{Cn}$  there are three alleles which are most typical of the type  $\alpha S_1\text{Cn}^B$  – 0.9354. In the locus  $\beta\text{Cn}$  there are two alleles which have been discovered in the type  $\beta\text{Cn}^A$  with a frequency of 0.5988.

The loci of the genes  $k\text{Cn}$  and  $\beta\text{Lg}$  are characterized by two alleles which are most often found in the type  $k\text{Cn}^A$  (0.7581) and  $\beta\text{Lg}^A$  (0.6776). The population considered was at the stage of genetic equilibrium.

Thus, the ascertained polymorphism can be widely used as a biochemical test to evaluate the state of the breed gene pool and also for predicting the productive qualities of these animals.