

4  
НОМЕР

БОНЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ  
On-line версия журнала на сайте  
<http://www.elmag.uran.ru>

# БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН

*Cetonia aurata* (Linnaeus, 1761)  
Золотистая бронзовка  
Шовкун Д.Ф.



2019

УЧРЕДИТЕЛЬ  
ОРЕНБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР УРО РАН

© Е.А. Русакова, Д.Б. Косян, 2019

УДК 57/575

Е.А. Русакова, Д.Б. Косян

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА LEP/A80V С ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ И ХАРАКТЕРИСТИКОЙ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО ИММУНИТЕТА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия

*Цель.* Изучение влияния наличия полиморфизма гена LEP/A80V на гематологические показатели и неспецифический иммунитет животных.

*Материалы и методы.* Проведен анализ влияния полиморфизма гена LEP/A80V на гематологические показатели и характеристику неспецифического иммунитета бычков герефордской породы. Протокол выделения ДНК проводили в соответствии с инструкцией коммерческого набора для выделения геномной ДНК из цельной крови «ДНК-Экстран-1». По закону Харди-Вайнберга рассчитывали ожидаемые результаты частот генотипов в исследуемой популяции. Гематологические показатели определяли на автоматическом гематологическом анализаторе URIT-2900 Vet Plus и автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240.

*Результаты.* Анализ герефордской породы КРС по наличию полиморфизма гена LEP/A80V продемонстрировал меньшую степень встречаемости полиморфизма данного гена, а именно среди 15 голов было выявлено 2 (13,3 %) животных с генотипом LEP<sup>TT</sup>, 4 (26,7 %) животных с генотипом LEP<sup>CT</sup> и 9 (60,0 %) особей с генотипом LEP<sup>CC</sup>. Анализ данных морфологического состава крови показал, что максимальное содержание эритроцитов и гемоглобина в крови было характерно для II (LEP<sup>CT</sup>) группы. Так, преимущество бычков II (LEP<sup>CT</sup>) группы по содержанию эритроцитов составило 6,98 и 4,35 % и по содержанию гемоглобина 2,85 и 0,89 % при сравнении с аналогами из I (LEP<sup>CC</sup>) и III (LEP<sup>TT</sup>) групп, соответственно. Высоким содержанием альбуминов, глобулинов, активности ферментов переаминирования в сыворотке крови характеризовались бычки II (LEP<sup>CT</sup>) группы. Высокие показатели БАСК, ЛАСК и ФАК были отмечены у животных I (LEP<sup>CC</sup>).

*Заключение.* Гематологические параметры находились в пределах физиологической нормы, характерной для данной группы мясного скота в соответствии с возрастом и полом. Достоверные различия отмечены в характеристиках неспецифического иммунитета молодняка КРС герефордской породы – носителя различных аллелей LEP/A80V.

*Ключевые слова:* крупный рогатый скот, полиморфизм, ген LEP, гематологические показатели, глобулины, БАСК.

---

---

Е.А. Rusakova, D.B. Kosyan

## RELATIONSHIP OF LEP/A80V GENE POLYMORPHISM WITH HEMATOLOGICAL PARAMETERS AND CHARACTERISTIC OF NONSPECIFIC IMMUNITY OF CATTLE

Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of RAS, Orenburg, Russia

*Objective.* To study the effect of the presence of LEP/A80V gene polymorphism on hematological parameters and nonspecific immunity of animals.

*Materials and methods.* The analysis of the influence of LEP / A80V gene polymorphism on hematological parameters and characteristic of nonspecific immunity of Hereford bulls was carried out. The DNA isolation Protocol was carried out in accordance with the instructions of the commercial kit for the isolation of genomic DNA from whole blood "DNA-Extran-1". Ac-

ording to the Hardy-Weinberg law, the expected results of genotype frequencies in the studied population were calculated. Hematological parameters were determined on automatic hematological analyzer URI t-2900 VetPlus and automatic biochemical analyzer CS-T240.

*Results.* Analysis of the Hereford cattle breed on the presence of polymorphism of the LEP/A80V gene showed a lower degree of occurrence of polymorphism of this gene, namely among 15 heads 2 (13,3 %) animals with the LEP<sup>TT</sup> genotype, 4 (26,7 %) animals with the LEP<sup>CT</sup> genotype and 9 (60,0 %) individuals with the LEP<sup>CC</sup> genotype were identified. Analysis of the morphological composition of blood showed that the maximum content of red blood cells and hemoglobin in the blood was characteristic of group II (LEP<sup>CT</sup>). Thus, the advantage of bulls II (LEP<sup>CT</sup>) group on the content of erythrocytes was 6,98 and 4,35 % and the content of hemoglobin 2,85 and 0,89 % when compared with analogues I (LEP<sup>CC</sup>) and III (LEP<sup>TT</sup>) groups, respectively. Bulls of group II (LEP<sup>CT</sup>) were characterized by high content of albumins, globulins, activity of transamination enzymes in blood serum. High rates of BABS, LABS and PhAB were observed in animals I (LEP<sup>CC</sup>).

*Conclusions.* Hematological parameters were within the physiological norm typical for this group of beef cattle in accordance with age and sex. Significant differences were noted in the characteristics of nonspecific immunity of young cattle of the Hereford breed-the carrier of various alleles LEP/A80V.

*Key words:* cattle, polymorphisms, LEP gene, hematological parameters, globulins, BABS.

## Введение

В настоящее время мясное скотоводство является тенденцией развития животноводства в России и одним из наиболее сложных и трудоемких процессов, направленных на увеличение производства высококачественного мясного сырья для получения конкурентных преимуществ [1]. Повышение продуктивности является одной из основных и важных задач в животноводстве. Традиционные методы размножения привели к увеличению прироста некоторых признаков, но прирост нелегко достижим в чертах с низкой наследуемостью [2]. Использование генетических вариаций, лежащих в основе желаемых фенотипов, является целью современных производителей животных [3].

В качестве потенциальных маркеров молочной и мясной продуктивности крупного рогатого скота (КРС) могут рассматриваться аллели генов соматотропина (GH), пролактина (PRL), лептина (LEP), тиреоглобулина (TG) [4]. Ген лептина получил большое внимание в связи с его важностью в энергетическом гомеостазе и репродуктивной регуляции у млекопитающих [5]. К маркерам относятся полиморфизмы гена гормона лептина (LEP): R25C, Y7F, A80V [6]. Ген LEP отвечает за синтез гормона, называемого лептином [7]. Гормон синтезируется жировой тканью (клетками адипоцитами) и участвует

в регуляции потребления корма и массы тела, энергетического баланса, фертильности и иммунных функций [8], играет важную роль в обмене веществ, особенно в отложении жира в организме; он участвует в регуляции пищевого поведения и может влиять на иммунную и репродуктивную функции [9], а также на рост и строение животных [10].

Таким образом, целью данной работы стало изучение влияния наличия полиморфизма гена LEP/A80V на гематологические показатели и неспецифический иммунитет животных.

### **Материалы и методы**

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health and The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)). При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество используемых образцов.

В ходе работы была проведена серия экспериментальных исследований по выявлению биологической взаимосвязи наличия гена LEP/A80V с хозяйственно-полезными характеристиками бычков герефордской породы с целью дальнейшей разработки инновационных методов комплексного анализа и ранней диагностики продуктивных качеств КРС. Для реализации поставленных задач в условиях СПК «Дружба» Апанасенковского района, Ставропольского края методом пар-аналогов было отобрано и генетически проанализировано 15 голов бычков герефордской породы в возрасте 1 месяца. Исходя из полученных данных, были сформированы три группы животных (n=5) с различным сочетанием аллелей. Гомозиготные по аллелю С гена LEP (LEP<sup>CC</sup>) – I группа; гетерозиготные по аллелю Т (LEP<sup>CT</sup>) – II группа; гомозиготные по аллелю Т (LEP<sup>TT\*</sup>) – III группа. Животные находились в одинаковых условиях на протяжении всего периода экспериментального исследования. На подсосе – до возраста 7 месяцев; перевод бычков на стойловое содержание был осуществлен после отбивки. Содержание было беспривязным, осуществлялся свободный доступ к воде. В стойловый период кормление животных производилось несколько раз в день, учет поедаемости кормов (в два смежных дня) производился 1 раз в течение двух недель. При достижении животными возраста 14 месяцев эксперимент был завершен. В ходе проведения эксперимен-

тальных работ кормление скота проводилось соответственно нормам [11].

Образцы ДНК получали из цельной крови, которую в объеме 5 мл отбирали у животных ( $n=15$ ) с помощью одноразового прибора и антикоагулянта (1,5 м ЭДТА). Протокол выделения ДНК проводили в соответствии с инструкцией коммерческого набора для выделения геномной ДНК из цельной крови «ДНК-Экстран-1» («Синтол», Россия). Качество и количество нуклеиновой кислоты измеряли с помощью спектрофотометра nanodrop ND-1000 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA). Геномная ДНК каждого животного хранилась при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Для процесса амплификации фрагмента гена LEP/A80V использовали праймеры (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика используемых праймеров

Ген	Название SNP	Расположение	GenBank (регистрационный номер и позиция)	Генотип
LEP	A80V	Экзон 3	AF536174.1	С/Т

ПЦР в реальном времени проводилась с использованием анализатора нуклеиновых кислот «АНК-32» («Синтол», Россия) в объеме рабочего раствора 25 мкл, который содержал: KCl – 25,0 мМ; хлорид магния ( $\text{MgCl}_2$ ) – 1,5 мМ; трис-HCl (8,5 рН) – 60,0 мМ; меркаптоэтанол ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{SO}$ ) – 10 мМ; дНТФ – 0,2 мМ; тритонХ-100 – 0,1 мМ; Taq ДНК полимеразы – 1 ед. и каждый из праймеров по 0,5 мкМ. Процесс амплификации гена LEP/A80V производился по следующему режиму (табл. 2).

Таблица 2. Схема проведения амплификации ДНК

№	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Режим
1	95	120 сек x 1
2	64	40 сек x 40
3	95	20 сек x 40

Частоту встречаемости генотипов определяли по формуле (1):

$$p = n/N \quad (1),$$

где  $p$  – частота определения генотипа,  $n$  – количество особей, имеющих определенный генотип,  $N$  – число особей.

Частоту отдельных аллелей определяли по формуле (2):

$$\begin{aligned} p_A &= (2n_{AA} + n_{AB}) : 2N \\ q_B &= (2n_{BB} + n_{AB}) : 2N \end{aligned} \quad (2),$$

где  $p_A$  – частота аллеля А,  
 $q_B$  – частота аллеля В,  
N – общее число аллелей.

По закону Харди-Вайнберга рассчитывали ожидаемые результаты частот генотипов в исследуемой популяции.

*Гематологические исследования.* С целью контроля физиологического состояния подопытных животных, их здоровья на протяжении исследования производился забор крови с дальнейшим определением гематологических показателей: содержание эритроцитов ( $\times 10^{12}/л$ ), лейкоцитов ( $\times 10^9/л$ ) и гемоглобина (г/л),- определяли на автоматическом гематологическом анализаторе URIT-2900 Vet Plus («URIT Medical Electronic Group Co., Ltd», Китай). Биохимический анализ сыворотки крови проводился на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 (производитель – «Dirui Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест («ДиаконВет», Россия) и коммерческих биохимических наборов Randox («Randox», США).

*Исследования неспецифического иммунитета.* При исследовании неспецифического иммунитета была оценена бактерицидная активность сыворотки крови (БАСК, %), лизоцимная активность сыворотки крови (ЛАСК, %), фагоцитарная активность крови (ФАК, %), используя методики О.В. Бухарина и др. (1971, 1972).

*Статистическая обработка.* Все полученные в ходе исследования данные были подвергнуты статистической обработке. Статистический анализ проводили путем сравнения опытных групп с контрольной группой, используя SPSS 19.0 программного обеспечения (IBM Corporation) и Statistica 10. Значение с  $P \leq 0,05$  считалось статистически значимым.

### **Результаты и обсуждение**

*Оценка частоты встречаемости гена LEP/A80V в популяции КРС геррефордской породы.* Анализ геррефордской породы КРС по наличию полиморфизма гена LEP/A80V продемонстрировал меньшую степень встречаемости полиморфизма данного гена, а именно – среди 15 голов было выявлено 2 (13,3%) животных с генотипом LEP<sup>TT\*</sup> (желательный), 4 (26,7%) животных с генотипом LEP<sup>CT</sup> и 9 (60,0%) особей с генотипом LEP<sup>CC</sup>. Частота аллеля С составила 0,73, а аллеля Т – 0,27. Частота встречаемости генотипа LEP<sup>CC</sup> со-

ставила 0,60, генотипа LEP<sup>CT</sup> – 0,267, а генотипа LEP<sup>TT\*</sup> – 0,133. Таким образом, можно отметить, что популяция на 1/8 состоит из носителей желательного аллеля. Генное равновесие в популяции нарушено не было (табл. 3).

Таблица 3. Частота встречаемости полиморфизма гена LEP/A80V у бычков герефордской породы КРС (n=15)

Порода	n	Генотипы						Частота аллелей	
		CC		CT		TT*		C	T
		n	%	n	%	n	%		
Калмыцкая	15	9	60,0	4	26,7	2	13,3	0,73	0,27

*Примечание:* \* – желательный аллель

*Гематологические показатели бычков.* Анализ данных морфологического состава крови показал, что максимальное содержание эритроцитов в крови было характерно для II (LEP<sup>CT</sup>) группы. Так, преимущество бычков II (LEP<sup>CT</sup>) группы по данному показателю составило 6,98 и 4,35% при сравнении с аналогами из I (LEP<sup>CC</sup>) и III (LEP<sup>TT</sup>) групп. По концентрации гемоглобина преимущество имели животные II (LEP<sup>CT</sup>) группы. Так, данный показатель был выше во II (LEP<sup>CT</sup>) группе на 2,85 и 0,89 % относительно I (LEP<sup>CC</sup>) и III (LEP<sup>TT</sup>) групп. При этом минимальное содержание гемоглобина в крови было характерно для бычков I (LEP<sup>CC</sup>). Значимых межгрупповых различий относительно содержания лейкоцитов в сыворотке крови животных не было установлено. Анализ результатов показал, что показатели находились в пределах физиологической нормы, для данной группы мясного скота в соответствии с полом и возрастом. Однако достоверных межгрупповых различий не обнаружено (табл. 4).

Таблица 4. Морфологические показатели крови бычков герефордской породы с различными генотипами полиморфизма гена LEP/A80V

Показатель	Группа		
	LEP <sup>CC</sup>	LEP <sup>CT</sup>	LEP <sup>TT</sup>
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	6,73±0,19	7,20±0,21	6,90±0,30
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	7,90±0,22	7,43±0,27	7,63±0,32
Гемоглобин, г/л	108,9±2,03	112,0±3,51	111,0±3,79

*Примечание:* \* – p≤0,05; \*\* – p≤0,01; \*\*\* - p≤0,001.

По уровню общего белка можно судить о состоянии гемостаза, так как за счет белка кровь обладает такими характеристиками, как текучесть и име-

ет вязкую структуру. Именно от этих качеств крови зависит работа сердца и в целом сердечно-сосудистой системы. Значимой составляющей сыворотки крови являются белок с его фракциями [12]. Анализ содержания общего белка показывает, что преимущество по данному показателю находилось на стороне животных II (LEP<sup>CT</sup>) группы. Так, данный показатель был выше во II (LEP<sup>CT</sup>) группе на 1,99 и 0,24% относительно бычков I (LEP<sup>CC</sup>) и III (LEP<sup>TT</sup>) групп (табл. 5).

Таблица 5. Белковый состав сыворотки крови бычков герефордской породы с различными генотипами полиморфизма гена LEP/A80V

Показатель	Группа		
	LEP <sup>CC</sup>	LEP <sup>CT</sup>	LEP <sup>TT</sup>
Общий белок, г/л	80,5±1,24	82,1±1,01	81,9±1,48
Альбумины, %	45,7±1,07	47,0±0,58	46,3±1,20
Глобулины всего, %	53,0±0,58	54,3±1,45	53,7±1,15
α	12,0±0,88	13,4±0,33	12,4±0,88
β	13,0±0,88	13,9±0,58	14,7±0,88
γ	28,0±3,21	27,0±1,15*	26,6±2,89*

*Примечание:* \* – p≤0,05; \*\* – p≤0,01; \*\*\* - p≤0,001

Белки (альбумины и глобулины) играют одну из ключевых ролей в процессе обмена веществ в организме. Оценка фракции альбуминов определяет показатель скорости роста. Отмечено, что при высоком среднесуточном приросте живой массы животного уровень альбуминов в сыворотке крови достигает высоких значений [13]. Установлено высокое содержание альбуминов в сыворотке крови животных II (LEP<sup>CT</sup>) группы. Так, данный показатель во II (LEP<sup>CT</sup>) группе был выше на 2,84 и 1,51% относительно аналогов из I (LEP<sup>CC</sup>) и III (LEP<sup>TT</sup>) групп. В процессах переноса Ca, Fe, холестерина, витамина А, лецитина, токоферола и других веществ активно участвует фракция [14]. Максимальное содержание глобулинов было отмечено в сыворотке крови животных II (LEP<sup>CT</sup>) группы. Так, они превосходили аналогов из I (LEP<sup>CC</sup>) и III (LEP<sup>TT</sup>) групп на 2,45 и 1,12 %, соответственно.

В процессе белкового обмена, протекающего в организме, одну из ключевых ролей занимают ферменты переаминирования – аспартат-аминотрансферазы (АсАТ) и аланин-аминотрансферазы (АлАТ) [15]. Были выявлены различия относительно активности данных ферментов, которые определяют характер процессов обмена, протекающих с различной скоро-

стью у животных опытных групп (табл. 6).

Таблица 6. Активность ферментов переаминирования в сыворотке крови бычков герефордской породы с различными генотипами полиморфизма гена LEP/A80V

Показатель	Группа		
	LEP <sup>CC</sup>	LEP <sup>CT</sup>	LEP <sup>TT</sup>
Аспарат-аминотрансфераза, мкмоль/ч·л	1,30±0,03	1,32±0,01	1,31±0,02
Аланин-аминотрасфераза, мкмоль/ч·л	0,97±0,01	0,99±0,01	0,98±0,01
<i>Примечание:</i> * – p≤0,05; ** – p≤0,01; *** - p≤0,001.			

Высокая степень активности ферментов переаминирования была отмечена во II (LEP<sup>CT</sup>) группе. По аспарат-аминотрансферазе (АсАТ) различие было 1,54 и 0,76% при сравнении с данным показателем в I (LEP<sup>CC</sup>) и III (LEP<sup>TT</sup>) группах; по аланин-аминотрасферазе (АлАТ) – 2,06 и 1,02%, соответственно, но установленное превосходство было статистически недостоверным.

*Характеристика неспецифического иммунитета подопытных животных.* В настоящий момент возникла необходимость всестороннего изучения связей, которые являются перспективными в сфере сельского хозяйства, генетических маркеров, отражающих показатели здоровья животных и их иммунитет. Масштабные исследования в данном направлении связаны с голштинским скотом. У данной породы был выявлен комплексный порок позвоночного столба (СМV), который связан с высокой смертностью скота в период эмбрионального развития [16]. В конце прошлого века (80-е годы) было выявлено и описано такое заболевание, как Такахаши-Хагемозера (дефицит лейкоцитарной адгезии BLAD) [17]. Позже, получили активное развитие исследования о взаимосвязи выявленных ранее генетических маркеров, которые отвечают за хозяйственно-эффективное производство со здоровьем животного. Анализ полученного материала позволил нам провести исследования по оценке характеристики неспецифического иммунитета подопытных бычков, учитывая наличие мутации гена LEP/A80V. Как показали результаты исследования, значимых различий по величине оцениваемых характеристик выявлено не было. Высокая бактерицидная активность сыворотки крови (БАСК) отмечена у бычков I (LEP<sup>CC</sup>) группы, которая была выше на 1,52 и 1,97% относительно значения данного показателя во II (LEP<sup>CT</sup>) и III (LEP<sup>TT</sup>) группах, соответственно, но различия носили недостоверный характер (рис. 1).

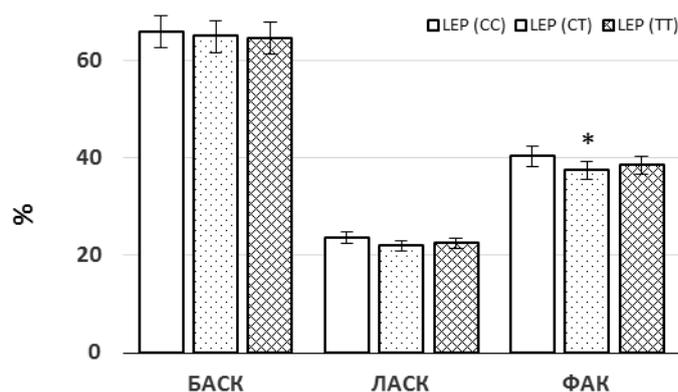


Рис. 1. Характеристики неспецифического иммунитета подопытных бычков герефордской породы с различными генотипами полиморфизма гена LEP/A80V.

Кроме БАСК, была проведена оценка лизоцимной активности сыворотки крови (ЛАСК). Так, значение данного показателя в I (LEP<sup>CC</sup>) группе было на 7,59 и 5,06% выше, чем во II (LEP<sup>CT</sup>) и III (LEP<sup>TT</sup>) группах, соответственно. При анализе фагоцитарной активности крови (ФАК) бычков был отмечен высокий уровень данного показателя в I (LEP<sup>CC</sup>) группе. Снижение ФАК на 6,95% ( $p \leq 0,05$ ) и 4,47 % отмечено во II (LEP<sup>CT</sup>) и III (LEP<sup>TT</sup>) группах, соответственно.

### Заклучение

Таким образом, анализ полученных результатов показал, что данные по гематологическим параметрам находились в пределах физиологической нормы, установленной для данной группы мясного скота в соответствии с возрастом и полом. Кроме того, при проведении исследований установлены достоверные различия в некоторых показателях неспецифического иммунитета молодняка КРС герефордской породы – носителя различных аллелей LEP/A80V.

*(Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН в рамках тематического плана по госзаданию № 0761-2019-0009)*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Gorlov I.F., Fedunin A.A., Randelin D.A. et. al. Polymorphisms of bGH, RORC, and DGAT1 genes in Russian beef cattle breeds. Genet. 2014. 50(12): 1302-1310.
2. Суровцев В.Н., Никулина Ю.Н. Экономические аспекты продуктивного долголетия коров. Сельскохозяйственные вести. 2014. 3: 66-68.
3. Sedykh T.A., Gizatullin R.S., Dolmatova I.Yu. et. al. Effects of polymorphism in TG5 and LEP genes on meat productivity of Hereford and Limousin bull calves. Russian Agricultural Sciences. 2016. 42(5): 361–366.
4. Тюлькин С.В., Ахметов Т.М., Валиуллина Э.Ф. и др. Полиморфизм по генам соматотропина, пролактина, лептина, тиреоглобулина быков-производителей. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. 16(4): 56-61.
5. Li Yu, Wei J., Zhang X. et. al. Evidence for Positive Selection on the Leptin. Gene in Ceta-

- cea and Pinnipedia Published. 2011. 6: 78-83.
6. Dubern B., Clement K. Leptin and leptin receptor-related monogenic obesity. *Biochimie*. 2012. 94(10): 2111-2115.
  7. Farooqi I.S., Matarese G., Lord G.M. et. al. Beneficial effects of leptin on obesity, T cell hyporesponsiveness, and neuroendocrine/metabolic dysfunction of human congenital leptin deficiency. *J. Clin Invest*. 2002. 110(8): 1093-1103.
  8. Yoon D.H. Highly polymorphic bovine leptin gene. *Asian-Aust.J.Anim.Sci*. 2005. 18(11): 1548-1551.
  9. Komisarek J. Impact of LEP and LEPR gene polymorphisms on functional traits in Polish Holstein – Friesian cattle. *Animal Science Papers and Reports*. 2010. 10: 133–141.
  10. Szyda J., Komisarek J. Statistical modeling of candidate gene effects on milk production traits in dairy cattle. *J. Dairy sci*. 2007. 90: 2971-2979.
  11. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: учебное пособие. М.: Агропромиздат, 1986. 352 с.
  12. Kegles F., Madruga O.C., Schmoeller E. et. al. Hematological and biochemical parameters of dairy calves submitted to pegbovigrastim administration. *J Dairy Sci*. 2019. 102(1): 547-556.
  13. Kowalczyk S.J., Czopowicz M., Weber C.N. et. al. Accuracy of a diagnostic model based on serum biochemical parameters in detecting cows at an increased risk of chronic fascioliasis. *Vet Parasitol*. 2018. 254: 15-20.
  14. Pal R.P., Mani V., Tripathi D. et. al. Inorganic Vanadium Supplementation in Crossbred Calves: Effects on Antioxidant Status, Immune Response and Haemato-Biochemical Attributes. *Biol Trace Elem Res*. 2018. 186(1): 154-161.
  15. Bakari S.M., Ofori J.A., Kusi K.A. et. al. Serum biochemical parameters and cytokine profiles associated with natural African trypanosome infections in cattle. *Parasit Vectors*. 2017. 10(1): 312-317.
  16. Rempel L.A., E. Casas Relationship of polymorphisms within metabolic genes and carcass traits in crossbred beef cattle. *J. Anim Sci*. 2012. 90(4): 1311-1316.
  17. Zhang A.L. Effects of ghrelin gene genotypes on the growth traits in Chinese cattle. *Mol. Biol. Rep*. 2012. 39(6): 6981-6986.

Поступила 12 декабря 2019 г.

*(Контактная информация:*

**Русакова Елена Анатольевна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»; адрес: г. Оренбург, 9 Января, 29, тел.: +7(919)860-24-78;

[elenka\\_rs@mail.ru](mailto:elenka_rs@mail.ru) **Косьян Дианна Багдасаровна**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»; адрес: г. Оренбург, 9 Января, 29; [kosyan.diana@mail.ru](mailto:kosyan.diana@mail.ru))

---

---

## LITERATURA

1. Gorlov I.F., Fedunin A.A., Randelin D.A. et. al. Polymorphisms of bGH, RORC, and DGAT1 genes in Russian beef cattle breeds. *Genet*. 2014. 50(12): 1302-1310.
2. Surovtsev V.N., Nikulin Yu.N. Economic aspects of the productive longevity of cows. *Agricultural News*. 2014. 3: 66-68.
3. Sedykh T.A., Gizatullin R.S., Dolmatova I.Yu. et. al. Effects of polymorphism in TG5 and LEP genes on meat productivity of Hereford and Limousin bull calves. *Russian Agricultural Sciences*. 2016. 42(5): 361-366.
4. Tyulkin S.V., Akhmetov T.M., Valiullina E.F. et al. Polymorphism for the genes of somatopropin, prolactin, leptin, thyroglobulin of bulls. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*.

2012. 16 (4): 56-61.
5. Li Yu, Wei J., Zhang X. et. al. Evidence for Positive Selection on the Leptin. Gene in Cetacea and Pinnipedia Published. 2011. 6: 78-83.
  6. Dubern B., Clement K. Leptin and leptin receptor-related monogenic obesity. *Biochimie*. 2012. 94(10): 2111-2115.
  7. Farooqi I.S., Matarese G., Lord G.M. et. al. Beneficial effects of leptin on obesity, T cell hyporesponsiveness, and neuroendocrine/metabolic dysfunction of human congenital leptin deficiency. *J. Clin Invest*. 2002. 110(8): 1093-1103.
  8. Yoon D.H. Highly polymorphic bovine leptin gene. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*. 2005. 18(11): 1548-1551.
  9. Komisarek J. Impact of LEP and LEPR gene polymorphisms on functional traits in Polish Holstein – Friesian cattle. *Animal Science Papers and Reports*. 2010. 10: 133–141.
  10. Szyda J., Komisarek J. Statistical modeling of candidate gene effects on milk production traits in dairy cattle. *J. Dairy sci*. 2007. 90: 2971-2979.
  11. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: учебное пособие. М.: Агропромиздат, 1986. 352 с.
  12. Kegles F., Madruga O.C., Schmoeller E. et. al. Hematological and biochemical parameters of dairy calves submitted to pegbovigrastim administration. *J Dairy Sci*. 2019. 102(1): 547-556.
  13. Kowalczyk S.J., Czopowicz M., Weber C.N. et. al. Accuracy of a diagnostic model based on serum biochemical parameters in detecting cows at an increased risk of chronic fascioliasis. *Vet Parasitol*. 2018. 254: 15-20.
  14. Pal R.P., Mani V., Tripathi D. et. al. Inorganic Vanadium Supplementation in Crossbred Calves: Effects on Antioxidant Status, Immune Response and Haemato-Biochemical Attributes. *Biol Trace Elem Res*. 2018. 186(1): 154-161.
  15. Bakari S.M., Ofori J.A., Kusi K.A. et. al. Serum biochemical parameters and cytokine profiles associated with natural African trypanosome infections in cattle. *Parasit Vectors*. 2017. 10(1): 312-317.
  16. Rempel L.A., E. Casas Relationship of polymorphisms within metabolic genes and carcass traits in crossbred beef cattle. *J. Anim Sci*. 2012. 90(4): 1311-1316.
  17. Zhang A.L. Effects of ghrelin gene genotypes on the growth traits in Chinese cattle. *Mol. Biol. Rep*. 2012. 39(6): 6981-6986.

**Образец ссылки на статью:**

Русакова Е.А., Косян Д.Б. Взаимосвязь полиморфизма гена *lep/a80v* с гематологическими показателями и характеристикой неспецифического иммунитета крупного рогатого скота. *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН*. 2019. 4. 10с. [Электр. ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/REA-2019-4.pdf>).

**DOI: 10.24411/2304-9081-2019-14027**