

# Влияние парных сочетаний генов гормона роста и инсулиноподобного фактора роста-1 на признаки мясной продуктивности скота аулиекольской породы

**И.С. Бейшова**, к.с.-х.н., Костанайский ГУ; **Б.Б. Траисов**, д.с.-х.н., профессор, НАО Западно-Казахстанский АТУ; **В.И. Косилов**, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Одной из наиболее важных задач, стоящих перед агропромышленным комплексом, является увеличение производства говядины и повышение её качества [1–4]. Ввиду увеличения спроса на мясную продукцию на сегодняшний день актуальной проблемой является изучение генетической информации о полиморфизме маркеров, являющихся генами-кандидатами, влияющими на обменные процессы у крупного рогатого скота [9, 10].

Среди генов, отвечающих за синтез гормонов соматотропинового каскада, в настоящее время активно ведётся поиск потенциальных генов-кандидатов, влияющих на проявление количественных признаков крупного рогатого скота, в том числе на мясную продуктивность. У представителей различных пород КРС в настоящее время практически для каждого из генов соматотропинового каскада выявлен широкий спектр полиморфных вариантов, а некоторые из них исследованы на предмет влияния на признаки мясной и молочной продуктивности [6]. Однако результаты данных исследований часто трудно сопоставимы и расходятся друг с другом. Исходя из вышеизложенного, в своей работе мы предприняли попытку комплексного исследования генов соматотропного каскада. **Целью** нашей работы было установить ассоциацию парных сочетаний генов гормона роста и инсулиноподобного фактора роста-1 с мясной продуктивностью скота аулиекольской породы.

**Материал и методы исследования.** Молекулярно-генетическое исследование, а также статистическая обработка результатов генотипирования и данных зоотехнического учёта проводились в отделе молекулярно-генетических исследований научно-инновационного центра КГУ имени А. Байтурсынова.

Объектом исследования послужила группа животных аулиекольской породы (284 гол., ТОО «Каркын»). Условия кормления и содержания всех подопытных животных были одинаковыми по сезонам года, в соответствии с технологией, при-

нятой в мясном скотоводстве. В качестве материала использовали образцы ДНК, выделенные из крови крупного рогатого скота вышеуказанного хозяйства. Предмет исследования составили полиморфные гены соматотропного каскада гормона роста (*bGH*) и инсулиноподобного фактора роста-1 (*bIGF-1*).

Для исследуемых локусов при изучении полиморфизма ДНК был применён метод полимеразной цепной реакции с последующим рестрикционным анализом продуктов амплификации (ПЦР-ПДРФ).

Последовательности праймеров и размер ожидаемых продуктов амплификации приведены в таблице 1. Электрофорез проводили в 2-процентном агарозном геле (SeaKemLEAgarose, Lonza, США).

Анализ комбинированного влияния полиморфных вариантов генов соматотропинового каскада на признаки мясной продуктивности включал следующие этапы. На первом этапе нами были установлены предпочтительные либо нежелательные генотипы. Далее был установлен характер (повышающий/понижающий по отношению к общей выборке) индивидуальных фенотипических эффектов для каждого из исследуемых полиморфных локусов. Оценка осуществлялась по показателю живой массы [7].

На заключительном этапе осуществлялась оценка характера и степени проявления комбинированных фенотипических эффектов исследуемых полиморфных вариантов генов соматотропинового каскада на признак живой массы. Для этого были составлены возможные парные комбинации генотипов (диплотипов), в соответствии с которыми из общей выборки были сформированы группы животных для дальнейшего анализа.

Характер фенотипического эффекта генотипов оценивали путём сравнения непараметрических характеристик генотипов с непараметрическими характеристиками общей выборки. Статистическая обработка данных осуществлялась методом интервального оценивания путём определения 95-процентного доверительного интервала для медианы [7]. Данный метод позволяет оценить значимость отличий между непараметрическими характеристиками группы с определённым генотипом, являющейся частью общей выборки, и непараметрическими характеристиками общей

1. Характеристика праймеров, использованных в работе

Полиморфизм	Последовательность праймеров	Размер продукта, п.н.	Источник
<i>bGH</i> -AluI	AluI-F: 5'-ccgtgtctatgagaagc-3' AluI-R: 5'-gttcttgagcagcgct-3'	208	[7]
<i>bIGF-1</i> -SnaBI	SnaBI-F: 5'-attcaaagctgctgcccc-3' SnaBI-R: 5'-acacgtatgaaaggaact-3'	249	[8]

выборки. Оценка степени проявления индивидуальных фенотипических эффектов проводилась путём подсчёта средних значений продуктивности по живой массе для каждого генотипа [8].

**Результаты исследования.** На первом этапе по каждому полиморфизму определяли предпочтительные и нежелательные генотипы, сравнивая средние показатели живой массы по каждому отдельному генотипу. В таблице 2 приведены результаты оценки живой массы в группах с разными генотипами по полиморфизму *bGH-AluI*.

По приведённым в таблице 2 данным можно отметить, что достоверные различия между животными с генотипами *bGH-AluI<sup>LL</sup>*, *bGH-AluI<sup>LV</sup>* и *bGH-AluI<sup>VV</sup>* не наблюдались.

Ниже в таблице 3 приведены результаты оценки ассоциации *bIGF-1-SnaBI*-полиморфизма с живой массой телят в разные возрастные периоды.

Из данных, приведённых в таблице 3, очевидно, что для аулиекольской породы по признаку живой массы в возрасте 6, 9, 12, 18 и 24 мес. наблюдалось статистически значимое различие между группами коров с генотипами *bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup>*, *bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup>* и *bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>*. Во всех возрастных категориях предпочтительным является гетерозиготный geno-

тип *bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup>*, а альтернативным гомозиготный *bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>*.

На следующем этапе работы для тех полиморфизмов, у которых были найдены статистически значимые различия между предпочтительными и альтернативными генотипами, была проведена оценка продуктивности относительно общей выборки.

Так, по признаку живой массы достоверная разница между генотипами *bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup>*, *bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup>* и *bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>* обнаружена у телят в возрасте 6, 12, 18 и 24 мес. Численные характеристики групп приведены в таблице 4.

Результаты оценки характера ассоциации генотипов относительно общей выборки приведены в диаграммах на рисунке.

Из диаграмм, приведённых на рисунке, следует, что по отношению к общей выборке отличие по живому весу наблюдается не для генотипа *bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup>* предпочтительного по данному признаку, а для генотипа *bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>*, который характеризуется сниженной живой массой телят во всех возрастах и является альтернативным по отношению к генотипам *bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup>* и *bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup>*. В таком случае полиморфизм *bIGF-1-SnaBI* ассоциирован не с повышенной продуктивностью

2. Характеристика живой массы коров с разными генотипами полиморфизма *bGH-AluI* аулиекольской породы (Me (25%; 75%))

Непараметрическая характеристика	n	Me	Интерквартильный размах, %		P*
			25	75	
Живая масса новорождённых					
<i>bGH-AluI<sup>LL</sup></i>	129	26	26	26	0,679
<i>bGH-AluI<sup>LV</sup></i>	126	26	26	26	
<i>bGH-AluI<sup>VV</sup></i>	33	26	26	26	
Живая масса в возрасте 3 мес.					
<i>bGH-AluI<sup>LL</sup></i>	129	125	104	129	0,911
<i>bGH-AluI<sup>LV</sup></i>	126	124	101	130	
<i>bGH-AluI<sup>VV</sup></i>	33	125	101	130	
Живая масса в возрасте 6 мес.					
<i>bGH-AluI<sup>LL</sup></i>	129	212	189	217	0,215
<i>bGH-AluI<sup>LV</sup></i>	126	215	187	219	
<i>bGH-AluI<sup>VV</sup></i>	33	216	187	218	
Живая масса в возрасте 9 мес.					
<i>bGH-AluI<sup>LL</sup></i>	129	272	251	283	0,317
<i>bGH-AluI<sup>LV</sup></i>	126	274	248	289	
<i>bGH-AluI<sup>VV</sup></i>	33	273	248	283	
Живая масса в возрасте 12 мес.					
<i>bGH-AluI<sup>LL</sup></i>	119	326	312	364	0,374
<i>bGH-AluI<sup>LV</sup></i>	123	328	311	362	
<i>bGH-AluI<sup>VV</sup></i>	33	326	299	354	
Живая масса в возрасте 18 мес.					
<i>bGH-AluI<sup>LL</sup></i>	98	371	343	387	0,321
<i>bGH-AluI<sup>LV</sup></i>	110	375	327	402	
<i>bGH-AluI<sup>VV</sup></i>	28	371	329	396	
Живая масса в возрасте 24 мес.					
<i>bGH-AluI<sup>LL</sup></i>	95	416	381	456	0,624
<i>bGH-AluI<sup>LV</sup></i>	106	411	381	455	
<i>bGH-AluI<sup>VV</sup></i>	28	417	384	430	

Примечания: \* – сравнение групп проведено с помощью теста Краскела – Уоллиса (для трёх независимых); различие между группами значимо при  $P < \alpha$ ;  $\alpha = 0,05$

3. Характеристика живой массы коров с разными генотипами полиморфизма *bIGF-1-SnaBI* аулиекольской породы (Me, (25%; 75%))

Непараметрическая характеристика	n	Me	Интерквартильный размах		P
			25%	75%	
Живая масса новорождённых					
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	45	26	26	26	0,607
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	100	26	26	26	
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	39	26	25	26	
Живая масса в возрасте 3 мес.					
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	45	123	98	129	0,1109
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	100	125	110	130	
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	39	105	92	127	
Живая масса в возрасте 6 мес.					
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	45	208	179	218	0,0387
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	100	215	204	218	
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	39	194	173	217	
Живая масса в возрасте 9 мес.					
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	45	271	241	283	0,0243
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	100	273	265	285	
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	39	254	229	274	
Живая масса в возрасте 12 мес.					
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	45	325	289	362	0,0287
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	100	329	321	362	
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	39	306	279	332	
Живая масса в возрасте 18 мес.					
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	45	372	327	402	0,0096
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	100	377	362	395	
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	39	344	321	380	
Живая масса в возрасте 24 мес.					
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	45	414	376	462	0,0059
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	100	423	397	454	
<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	39	383	365	428	

Примечания: \* – сравнение групп проведено с помощью теста Краскела – Уоллиса (для трёх независимых). Различие между группами значимо при  $P < \alpha$ ;  $\alpha = 0,05$

4. Непараметрические характеристики живой массы в группах коров аулиекольской породы с разными генотипами по полиморфизму *bIGF-1-SnaBI*

Возраст, мес.	Генотип	Me	Доверительный интервал для медианы		Интерквартильный размах	
			ДИ1	ДИ2	25%	75%
6	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	208	194	217	179	218
	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	215	212	216	204	218
	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	194	179	212	173	217
	Общая выборка	212	209	216	187	218
9	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	271	254	274	241	283
	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	273	272	274	265	285
	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	254	238	272	229	274
	Общая выборка	273	272	274	249	283
12	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	325	319	348	289	362
	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	329	326	341	321	362
	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	306	289	324	279	332
	Общая выборка	327	325	331	309	362
18	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	372	358	386	327	402
	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	377	372	382	362	395
	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	344	326	371	321	380
	Общая выборка	373	368	377	329	395
24	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AA</sup></i>	414	397	447	376	462
	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>AB</sup></i>	423	414	429	397	454
	<i>bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup></i>	383	376	411	365	428
	Общая выборка	414	405	423	381	453

аулиекольских коров по признаку живой массы, а с пониженной продуктивностью по данному признаку.

Таким образом, становится очевидно, что генотип *bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>* является генетическим маркером пониженной живой массы телят в возрасте 9, 12 мес., и в возрасте 18 и 24 мес. эта тенденция сохраняется.

Работа с этим генетическим маркером должна строиться не на отбор по предпочтительному генотипу, а на элиминацию негативного генотипа *bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>*.

На третьем этапе осуществлялась оценка характера и степени проявления комбинированных фенотипических эффектов исследуемых полиморфных вариантов генов соматотропинового каскада на признак живой массы (табл. 5).

По таблице 5 видно, что у коров аулиекольской породы выявляются дополнительные генетические маркеры среди парных сочетаний генотипов.

Из данных, приведённых в таблице, следует, что в возрасте 9 мес. у коров аулиекольской по-

роды с пониженной живой массой ассоциируется диплотип *bGH-AluI<sup>LV</sup>-bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>*. Более того, данная тенденция сохраняется и в последующем. Таким образом, можно отметить, что диплотип *bGH-AluI<sup>LV</sup>-bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>* является генетическим маркером пониженной мясной продуктивности аулиекольской породы.

**Вывод.** Результаты исследования позволили сделать следующие выводы.

1. Анализ влияния отдельных генотипов по полиморфным генам соматотропного каскада показал отсутствие ассоциации различных генотипических вариантов гена гормона роста с живой массой аулиекольского скота. Однако было выявлено, что генотип *bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>* ассоциируется с пониженной живой массой коров аулиекольской породы начиная с 9-месячного возраста, и таким образом его можно рекомендовать как маркер пониженной мясной продуктивности. Работа с полиморфизмом *bIGF-1-SnaBI* как с генетическим маркером долж-

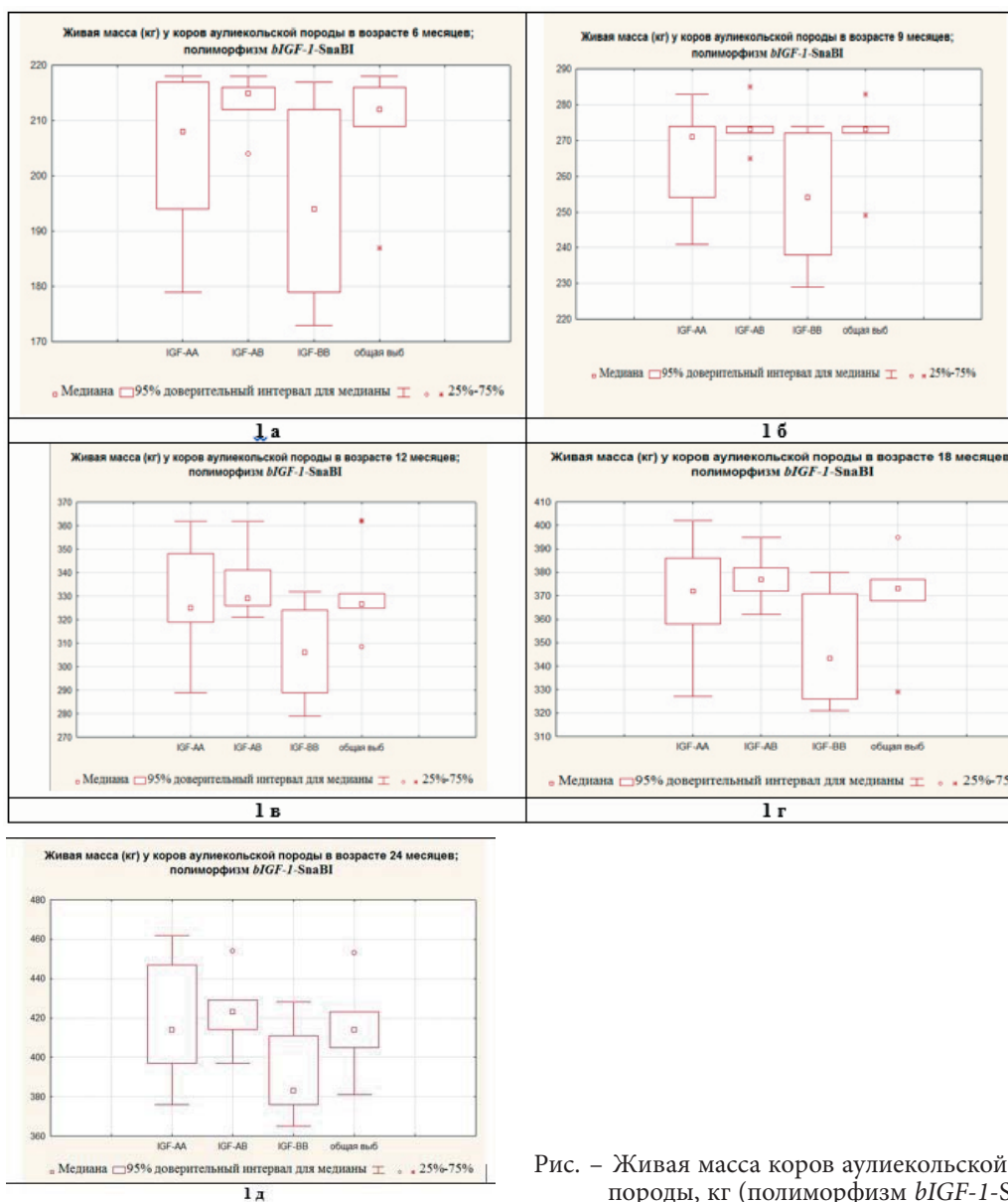


Рис. – Живая масса коров аулиекольской породы, кг (полиморфизм *bIGF-1-SnaBI*)

5. Парные сочетания генотипов, ассоциированные с живой массой коров аулиекольской породы

Структура диплотипа	n	Мед	95% доверительный интервал Ме		Интерквартильный размах, %	
			ДИ 1	ДИ 2	25	75
Живая масса в возрасте 9 мес.						
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	22	238	223	254	223	254
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	44	254	250	267	246	270
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	27	235	225	248	223	254
bGH-Alu <sup>VV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	14	301	292	316	292	301
Общая выборка	289	273	272	274	249	283
Живая масса в возрасте 12 мес.						
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	21	287	277	318	277	318
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	42	318	317	322	304	324
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	27	289	278	306	276	319
bGH-Alu <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	12	353	332	368	332	366
bGH-Alu <sup>VV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	11	379	376	384	376	384
Общая выборка	276	327	325	331	309	362
Живая масса в возрасте 18 мес.						
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	21	327	305	358	305	358
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	35	352	343	365	329	368
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	27	329	313	346	305	364
bGH-Alu <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	23	402	379	427	375	428
bGH-Alu <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	55	386	379	407	378	421
bGH-Alu <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	12	407	382	435	383	431
Общая выборка	237	373	368	377	329	395
Живая масса в возрасте 24 мес.						
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	21	376	361	397	361	397
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	35	389	383	402	381	404
bGH-Alu <sup>LL</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	27	379	365	383	346	399
bGH-Alu <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AA</sup>	23	462	429	487	423	489
bGH-Alu <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>AB</sup>	53	436	429	459	427	477
bGH-Alu <sup>LV</sup> -bIGF-1-SnaBI <sup>BB</sup>	11	467	428	513	432	488
Общая выборка	230	414	405	423	381	453

на строиться не на отбор по предпочтительному генотипу, а на элиминацию негативного генотипа *bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>*;

2. При исследовании ассоциации комбинированных генотипов генов гормона роста и инсулиноподобного фактора-1 с мясной продуктивностью был выявлен диплотип *bGH-Alu<sup>LV</sup>-bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>*, понижающий живую массу аулиекольского скота. Необходимо отметить, что данный диплотип, ассоциированный с пониженной продуктивностью, сохраняет свою динамику от возраста к возрасту. А в случае с анализом отдельных полиморфизмов характер ассоциации менее устойчив и в разных возрастах может меняться или даже пропадать.

3. Генотипы, которые по отдельности не ассоциированы с признаками мясной продуктивности, в парных сочетаниях могут проявлять повышенный или пониженный статистически значимый фенотипический эффект по сравнению с общей выборкой. Так, генотип *bGH-Alu<sup>LV</sup>*, не оказывающий самостоятельно влияния на продуктивность скота, в сочетании с генотипом *bIGF-1-SnaBI<sup>BB</sup>* оказывает понижающий эффект на живую массу. Это наблюдение позволяет предположить, что оценка фенотипического эффекта по парным сочетаниям не только более результативна, но и более стабильна.

**Литература**

1. Мироненко С.И., Косилов В.И., Жукова О.А. Особенности воспроизводительной функции телок и первотелок на Южном Урале // Вестник мясного скотоводства. 2009. Т. 2. № 62. С. 48–56.
2. Тюлебаев С.Д. Мясные качества бычков разных генотипов в условиях Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 2(30). С. 106–108.
3. Косилов В.И. Мясная продуктивность кастрагов казахской белоголовой породы и её помесей с симменталами и шароле / В.И. Косилов, Х.Х. Тагиров, Р.С. Юсупов [и др.] // Зоотехния. 1999. № 1. С. 25–28.
4. Мироненко С.И. Показатели экономической эффективности выращивания крупного рогатого скота разного направления продуктивности в условиях Южного Урала / С.И. Мироненко, В.И. Косилов, Д.А. Андриенко [и др.] // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 3 (86). С. 58–63.
5. Зинатова Ф.Ф., Зинатов Ф.Ф. Роль генов липидного обмена (DGAT1, TG5) в улучшении хозяйственно-полезных признаков крупного рогатого скота // Учёные записки Казанской ГАВМ. 2014. Т. 219. С. 164–168.
6. Белая Е.В., Михайлова М.Е., Батин Н.В. Комбинированные фенотипические эффекты полиморфных вариантов генов соматотропинового каскада (*bPit-1*, *bPRL*, *bGH*, *bGHR* и *bIGF-1*) на признаки молочной продуктивности у крупного рогатого скота голштинской породы // Молекулярная и прикладная генетика: сб. науч. тр. Минск, 2012. Т. 13. С. 36–43.
7. Pawar R.S., Joshi C.G., Rank D.N. Growth hormone gene polymorphism and its association with lactation yield in dairy cattle // Indian journal of animal science. 2007. V. 9. P. 884–888.
8. Hines H.C., Ge W, Zhao Q, Davis M.E. Association of genetic markers in growth hormone and insulin-like growth factor I loci with lactation traits in Holsteins // Animal Genetics. 1998. V. 29. P. 69.
9. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica. М.: Медиа Сфера, 2002. 312 с.
10. Белая Е.В., Михайлова М.Е. Полиморфные варианты генов соматотропинового каскада *bPit-1* и *bPrl* для ДНК-типирования признаков молочной продуктивности крупного рогатого скота голштинской породы // Весті Національної академії наук. Серія біологічних наук. 2011. № 2. С. 49–53.