

## ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ТЁЛОК БРЕДИНСКОГО МЯСНОГО ТИПА СИММЕНТАЛОВ С РАЗЛИЧНЫМ АЛЛЕЛЬНЫМ НАБОРОМ ГЕНОВ CAPN1 И TG5

Тюлебаев Саясат Джакслыкович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Кадышева Марват Дусангалиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

460000, г Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: +7(3532)308174,  
s-tyulebaev@mail.ru

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, мясная порода, кровь, гены, полиморфизм, гетерозигота, гематология.

Проводимые в последние годы работы генетиков, связанные с полногеномным генотипированием поголовья крупного рогатого скота по SNP-полиморфизму с выявлением ассоциации с качественными и количественными показателями продуктивности используются в инновационных программах по селекции. В то же время биохимические механизмы подобных детерминаций не вполне раскрыты. Экспрессия полиморфных генов, приводящая к изменению свойств белка, связана с биохимическими процессами, происходящими в организме животных на биомолекулярном уровне, что может проявляться на нейро-гуморальных и обменных процессах, которые возможно можно проследить, анализируя показатели крови. В связи с этим в Челябинской области у тёлки брединского мясного типа симментальской породы была взята кровь с целью выделения ДНК на определение полиморфизма генов CAPN1 и TG5, связанных с качественными показателями мясной продуктивности и определения гематологических показателей. Проведённый анализ генотипированного поголовья выявил определённый расклад полиморфного состояния генов животных исследуемой выборки. Распределение гематологических показателей тёлки по генотипам изучаемых генов явной достоверной разницы не показал, но обозначил некоторые тенденции. По морфологическому составу крови эти тенденции были менее выражены. А вот распределение биохимических показателей крови по генотипам гена CAPN1 показал превосходство генотипа GG по содержанию глюкозы в крови на 0,51 ммоль/л, что составляет 21,9%, по содержанию ферментов переаминирования АЛТ на 11,9%, по холестерину на 18,8%. Тенденции различий отмечены по генотипам гена TG5 по содержанию креатинина (12,0%) и амилазы (9,5%). Результаты этого исследования могут быть полезными в плане накопления новых исследовательских данных и способствовать в дальнейшем лучшему пониманию молекулярных механизмов связей показателей крови, генов и биохимических процессов в организме животных.

**Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021–2023 гг.  
ФГБНУФНЦБСТРАН (№ 0526-2021-0001).**

### Введение

С развитием инновационных технологий, связанных с расшифровкой участков хромосом, с выявлением нуклеотидной последовательности генов у человека и животных, появилась возможность использовать эти методы при селекции [1, 2]. Это позволит точно тиражировать качества животных, необходимые исследователям для достижения поставленной перед производителями той или иной сельскохозяйственной задачи, интенсифицируя при этом сам селекционный процесс. В отрасли мясного скотоводства очень важны факторы, определяющие качественные показатели мясной продукции. Например, мясные отруба от животных мясной породы по цене значительно отличаются от таких же отрубов, полученных от аналогов - жи-

вотных молочной породы. Эта разница, очевидно, вызванная качеством говядины, определяет актуальность наших исследований.

В сферу наших исследовательских интересов входит такое наиболее предпочитаемое обывателем органолептическое качество мяса, как нежность, в определённой степени, обусловленное полиморфизмом гена CAPN1, а также мраморность, к которому может иметь отношение ген тиреоглобулина TG5, связанный с липидным обменом [3-6]. Выявление полиморфизма вышеуказанных генов в среде тёлки брединского мясного типа, сравнительно нового селекционного достижения в РФ, служит цели дальнейшей селекции этого типа, а также создания на её основе новой мясной породы с заданными характеристиками качества мяса, в том числе по

мраморности и нежности говядины [7,8]. В то же время, понимание того, что полиморфизм этих генов обуславливает изменение структуры экспрессируемого им белка, меняя его свойства, понуждает исследователей проводить поиск влияния этих генов и на другие качественные показатели, не только продуктивности, но и, допустим, биохимические или обменные процессы в организме животного. В связи с этим интересно было бы изучить, как полиморфизм генов – маркеров качества говядины CAPN1 и TG5 соотносится, при прочих равных условиях, с морфологическими и биохимическими показателями крови тёлочек брединского мясного типа.

#### Материалы и методы исследований

Исследования проводились в сельхозпредприятии ООО «Совхоз Брединский» Челябинской области, в котором содержится племенное поголовье брединского мясного типа в количестве более 1600 голов. Содержание животных соответствовало технологии принятой в мясном скотоводстве РФ. Тёлки, полученные от коров 5-летнего возраста, соответствующие стандарту породы, отнимались от матерей в возрасте 8 месяцев и выращивались при умеренном типе кормления до 15-месячного возраста с расчётом продуктивности – 800 г среднесуточного прироста живой массы. Эти животные в количестве 40 голов являлись объектом наших исследований, у которых к концу выращивания извлекались биосубстраты в виде крови. Обслуживание животных и экспериментальные исследования выполнены в соответствии с инструкциями RussianRegulations, 1987 (OrderNo, 755 on 12/08/1997 theUSSRMinistryofHealth) and «TheGuideforCareandUseofLaboratoryAnimals (NationalAcademyPressWashington, D. C. 1996)». При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшение количества используемых образцов.

Кровь набиралась в утренние часы до кормления в три пробирки, две из которых направлялись на определение морфологических и биохимических показателей, а третья вакуумная пробирка APEXLAB с антикоагулянтом (EDTA) была использована для набора крови на выделение ДНК. Все виды анализа проводились в ЦКП Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» ФНЦ БСТ РАН, по стандартизованным методикам в испытательном центре (аттестат аккреди-

тации RA.RU21ПФ59 от 02.12.15; www.цкп-бст.рф; http://цкп-рф.ru/цкп/77384). Геномная ДНК выделялась в лаборатории молекулярно-генетической экспертизы ЦКП с использованием специфических реагентов «ДНК-Экстран» фирмы «Синтол» (РФ). По каждому из намеченных ДНК-маркеров, по нашему запросу были синтезированы праймеры в необходимом количестве (CAPN1<sub>316</sub> (GenBankaccession №. AF248054), TG5 (GenBankaccession №. X05380)), которые были задействованы при проведении полимеразной цепной реакции по тиражированию точечных участков намеченных генов (табл.1). Для амплификации использовался программируемый анализатор нуклеиновых кислот АНК -32

Таблица 1

#### Порядок олигонуклеотидных праймеров для амплификации

ДНК-маркер	Последовательность праймера
CAPN1	F: 5'-AGCAGCCCACCATCAGAGAAA – 3' R: 5'- TCAGCTGGTTCGGCAGAT – 3'
TG5	F: 5'-GTGAAAATCTGTGGAGGCTGTA-3' R: 5'-GGGGATGACTACGAGTATGACTG-3'

(«Синтол», Россия). При расчёте частот генотипов и аллелей в исследуемой популяции брединского мясного типа, исходили из формулы закона Харди-Вайнберга. Кровь, взятая для морфологических исследований в вакуумные пробирки с антикоагулянтом (ЭДТА), для биохимических – с активатором коагуляции (диоксид кремния – SiO<sub>2</sub>), поступала в Центр «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» ЦКП. При проведении этих исследований задействовали автоматический биохимический анализатор DiruiCST 240 («DiruiIndustrialCo., Ltd», Китай) и автоматический гематологический анализатор Urit-2900 VetPlus (URIT MedialElectronicCo., Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия).

У животных изучались рост, развитие и другие зоотехнические показатели.

При обработке экспериментальных данных использованы методы вариационной статистики с помощью офисного программного комплекса «MicrosoftOffice», с применением программы «Excel» («Microsoft», США), с обработкой данных в программе «Statistica 10.0» («StatSoftInc.», США). Статистическое сравнение результатов было проведено с использованием параметрического метода критерия Стьюдента. Параметр P ≤ 0,05 принимался как предел значимости.

## Результаты исследований

В предшествующих статьях была дана оценка роста, развития животных, в том числе в разрезе потомков отдельных перспективных быков-производителей. Приведены частоты генотипов и аллелей по искомым генам в пределах изучаемой популяции. Проведены попытки сравнения генотипов аллельных форм генов – маркеров CAPN1 и TG5 у симменталов мясного типа, не только в подтверждение имеющихся в мировой научной публикации данных, связанных с некоторыми качественными показателями мяса, но и с другими хозяйственно-значимыми показателями продуктивности. В то же время интересными видятся вопросы влияния полиморфных генотипов гена CAPN1, имеющих ассоциацию с показателями нежности говядины и полиморфных генотипов гена TG5, связанных с липидным обменом, на морфологические и биохимические показатели крови.

Учитывая, что кровь, являясь прежде всего высоко-лабильной системой, призванной реально отражать физиологические и биохимические процессы, происходящие в организме животного, уровень окислительно-восстановительных процессов в ответ на изменение внешних факторов, тем не менее представляет собой стабильную, сохраняющую постоянство внутренней среды систему, регулируемую посредством сложного взаимодействия работы гормонов, ферментов, других функциональных элементов, уровень жизнедеятельности организма. Насколько изменение последовательности нуклеотидов изучаемых нами генов, влияющих через коррекцию свойств соответствующего белка на определённые качественные показатели говядины могут влиять при прочих равных условиях на морфологический и биохимический составы крови животных, является частью исследований, результаты которых приводятся в данной статье.

Результаты генотипирования выборки 15-месячных тёлочек по гену CAPN1 -  $\mu$ -кальпаин активированной кальцием нейтральной протеазы, ассоциированной с нежностью говядины, показали, что гомозиготный генотип GG был характерен для 87,5% животных, остальные 12,5% составляли гетерозиготный генотип GC животных, составляющих желательный гомозиготный генотип CC, в данной выборке не было. По гену TG5, имеющему отношение к наживке туши, подавляющим генотипом, обнаруженном при генотипировании обследуемого поголовья, стал гомозиготный генотип CC, составляющий 94,6%

животных, но при этом 5,4% тёлочек имели желательный гомозиготный генотип TT. Полное отсутствие гетерозигот свидетельствует о значительном смещении распределения генотипов от ожидаемого по данному гену. Сложившийся расклад генотипов был характерен для данной выборки животных, у которых параллельно определялся комплекс гематологических показателей. Морфологические показатели крови тёлочек в разрезе выявленных генотипов по генам CAPN1 и TG5 представлены в таблице 2.

В нашей выборке тёлочек при генотипировании по гену-маркеру нежности говядины CAPN1 не было выявлено носителей желательного гомозиготного генотипа CC. У оставшихся двух генотипов по уровню гемоглобина, играющего ключевую роль в насыщении живого организма кислородом, преимущество было на стороне животных с гомозиготным генотипом GG, которые превосходили сверстников с гетерозиготным генотипом GC на 3,3 г/л. Также их преимущество сохранялось по уровню лейкоцитов (клеток защищающих организм животного от паразитов, вирусов и бактерии) – на  $0,9 \cdot 10^9$ /л и соответственно на - 7,97% - по содержанию лимфоцитов (части лейкоцитов, отвечающих за иммунитет к вирусам и микробам). По содержанию эритроцитов – специальных клеток в крови, содержащих гемоглобин, превосходство было на стороне тёлочек – носителей гетерозигот на  $1,2 \cdot 10^{12}$ /л. При этом специфический показатель MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците) у животных гомозиготного генотипа GG был выше чем у аналогов на 0,7 пикограммов (п/г), а вот по показателю MPV, характеризующим средний объём эритроцита, наблюдался сравнительный паритет. Количество тромбоцитов у носителей гетерозиготы GC на  $64,7 \cdot 10^{12}$ /л было больше, чем у носителей гомозиготы GG, что составляет 45,1%. Следует отметить отсутствие достоверной разности в полученных результатах.

Анализируя данные генотипированных животных по гену TG5, как уже было отмечено ранее, в выборке не было гетерозигот. Сравнение показателей морфологического состава крови подопытных тёлочек по оставшимся гомозиготным генотипам CC и TT указывает на незначительные различия по содержанию лейкоцитов, хотя уровень лимфоцитов у животных с нейтральной гомозиготой был на  $6,49 \cdot 10^9$ /л выше аналогичного показателя животных с желательной по данному гену гомозиготой. По другим важным гематологическим показателям, как

Таблица 2

**Морфологические показатели крови тёлочек с различным генотипом по некоторым генам-маркерам качества говядины**

Морфологические показатели крови	Гены-маркеры качества говядины					
	CAPN1			TG5		
	GG	GC	CC	CC	CT	TT
Лейкоциты (WBC), 10 <sup>9</sup> /л	6,73±2,01	5,83±1,66	-	7,25±1,35	-	8,73±1,20
Лимфоциты (LYM),%	39,9±15,3	31,93±9,52	-	33,32±2,12	-	26,83±4,70
Гемоглобин (HGB), г/л	80,3±20,9	77,0±19,7	-	93,5±10,1	-	92,7±6,74
МСН, п/г	14,8±0,33	14,1±2,37	-	15,0±0,29	-	14,7±0,33
Эритроциты (RBC), 10 <sup>12</sup> /л	5,49±1,53	5,61±1,52	-	6,19±0,71	-	6,29±0,58
MPV, fl	11,7±0,33	11,5±0,23	-	10,6±0,48	-	10,1±0,58
Тромбоциты (PLT), 10 <sup>12</sup> /л	143,3±21,4	208,0±77,2	-	152,0±67,8	-	171,3±20,0
Тромбокрит (PCT),%	0,16±0,02	0,23±0,09	-	0,19±0,06	-	0,17±0,03

Таблица 3

**Биохимические показатели крови тёлочек с различным генотипом по некоторым генам-маркерам качества говядины**

Биохимические показатели крови	Гены-маркеры качества говядины					
	CAPN1			TG5		
	GG	GC	CC	CC	CT	TT
Глюкоза, ммоль/л	2,33±0,14	2,84±0,06	-	2,66±0,13	-	2,35±0,17
Альбумин, г/л	43,0±1,53	41,7±2,33	-	42,5±0,96	-	45,0±0,58
АЛТ, Ед/л	27,7±1,73	31,0±2,73	-	30,3±3,33	-	29,9±4,48
АСТ, Ед/л	90,1±1,33	93,2±8,19	-	99,0±4,15	-	95,7±7,55
Холестерин, ммоль/л	3,56±0,58	4,23±0,14	-	3,74±0,16	-	3,49±0,33
Креатинин, мкмоль/л	121,4±8,99	125,6±31,1	-	115,3±6,61	-	102,9±1,67
Билирубин, мкмоль/л	1,05±0,33	1,05±0,33	-	1,07±0,25	-	1,03±0,33
Амилаза, Ед/л	175,6±18,68	180,0±10,3	-	181,3±8,28	-	165,6±8,74

гемоглобин, МСН, эритроциты, MPV, тромбоцит особую разницы не отмечено, хотя по тромбоцитам – небольшим плоским клеткам, участвующим в свёртываемости крови, визуально заметно – на 12,7% превосходство носителей желательного генотипа TT по гену тиреоглобулина (P>0,05), но достоверность разницы не подтверждена.

Распределение биохимических показателей крови по генотипам генов-маркеров качественных показателей говядины CAPN1 и TG5 представлено в таблице 3. Из таблицы видно, что гетерозиготный генотип GC гена CAPN1 превосходил показатели гомозиготного аналога GG по содержанию глюкозы в крови на 0,51 ммоль/л, что составляет 21,9%, по содержанию ферментов переаминирования АЛТ на 3,3 Ед./л или 11,9%, по АСТ на 3,1 Ед./л или 3,4%, по холестерину на 0,67 Ед./л или 18,8%, по креатинину на 4,2 мкмоль/л или 3,4%, по содержанию амилазы на 4,4 Ед./л или 2,6%. В то же время по содержанию белка, в частности альбумина, преимущество имели животные с гомозиготным генотипом GG на 1,3 г/л или 3,1%. Касательно гена-маркера TG5, имеющего ассоциацию с липидным обменом, можно отметить тенденцию превосходства показателей по содержанию глюкозы, АЛТ, АСТ, холестерина, креатинина, билирубина и амилазы у животных с генотипом CC. В то же время, как основного белка крови – альбумина было больше у тёлочек с гомозиготным желательным генотипом TT. Отмечая недостаточный характер разницы показателей, следует сделать акцент на высокую разницу в показателях по креатинину (12,0%), амилазе (9,5%), холестерину (7,16%) и содержанию альбумина (6,0%), которые при большей выборке могли бы иметь достоверную отличимость.

### Обсуждение

Имея в виду, что гематологические признаки являются важными индикаторами иммунной функции у животных и биомаркерами состояния их здоровья, следует предполагать глубинную нейрогуморальную организацию системы кровоснабжения и взаимосвязь с биохимическими процессами в организме на молекулярном уровне. Имеющие место быть публикации зарубежных и отечественных авторов о влиянии генов на гематологические показатели встречаются в медицинских и ветеринарных журналах [9-12], однако консолидированного однозначного мнения не сформировано. Наши исследования показали некоторые тенденции существующих различий. Так, по гену-маркеру нежности говядины CAPN1 количество тромбоцитов у носителей гетерозиготы GC на  $64,7 \cdot 10^{12}/л$  было больше, чем у носителей гомозиготы GG, что составляет 45,1%, а по гену TG5 было заметно превосходство этих плоских клеток у носителей желательного генотипа TT, чем у аналогов с генотипом CC на 12,7%. Однако сле-

дует отметить, различия достоверного характера мы не обнаружили.

#### **Заключение**

Таким образом, наши исследования указывают на возможную зависимость показателей крови животных от состояния полиморфизма генов-маркеров мясной продуктивности. Например, такую зависимость мы обнаружили по гену CAPN1 – по содержанию глюкозы, а по гену TG5 – по содержанию креатинина и амилазы. Однако для констатации достоверного результата необходимо увеличить выборку исследуемых животных. Тем не менее результаты этого исследования могут быть полезными в плане накопления новых исследовательских данных и способствовать в дальнейшем лучшему пониманию молекулярных механизмов связей показателей крови, генов и биохимических процессов в организме животных.

#### **Библиографический список**

1. Georges, M. Harnessing genomic information for livestock improvement / M. Georges, C. Charlier, B. Hayes // *Nature Reviews Genetics*. - 2018. - 20(3). – P. 135-156. – DOI:10.1038/s41576-018-0082-2.
2. The state of polymorphism of genes affecting the meat quality in micropopulations of meat Simmentals / S. D. Tyulebaev, M. D. Kadysheva, V. I. Kosilov, V. M. Gabidulin // *International Conference on World Technological Trends in Agribusiness : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. - 2021. - P. 012045.
3. Kaplanová, K. Association of single nucleotide polymorphisms in TG, LEP and TFAM genes with carcass traits in cross-breed cattle / K. Kaplanová, J. Dvořák, T. Urban // *MendelNet Agro*. - 2009. - 139.
4. Tyulebaev, S. D. Polymorphism of genes among heifers with different types of constitution / S. D. Tyulebaev, M. D. Kadysheva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* this link is disabled. – 2021. - 848(1). – P. 012213.
5. Enhanced estimates of carcass and meat quality effects for polymorphisms in myostatin and  $\mu$ -calpain genes / G. L. Bennett, R. G. Tait Jr, S. D. Shackelford, T. L. Wheeler, D. A. King, E. Casas, T. P. Smith // *Journal of Animal Science*. - 2019. - 97(2). – P. 569-577.
6. Savaşçı, M. The investigation of calpastatin and thyroglobulin gene polymorphisms in some native cattle breeds / M. Savaşçı, F. Atasoy // *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. - 2016. - 63(1). – P. 53-59.
7. Состояние аллельных форм генов CAPN1, CASTисочетаемость различных линий в популяции брединского мясного типа симменталов / С. Д. Тюлебаев, М. Д. Кадышева, С. М. Канатпаев, В. Г. Литовченко // *Вестник мясного скотоводства*. – 2017. – № 2(98). – С. 52-57.
8. Отечественная мясная порода интенсивного типа – новое направление в мясном скотоводстве России / С. Д. Тюлебаев, М. Д. Кадышева, С. А. Мирошников, А. С. Ушаков // *Проблемы биологии продуктивных животных*. – 2011. - № 3. – С. 20-26.
9. Association of TMPRSS6 polymorphisms with hematologic parameters, histopathological data and breast cancer risk in Turkish population / M. Guven, M. Mete, D. C. Trabulus, E. Ozoran, D. Erhan // *Meta Gene*. – 2021. – Vol. 29. – P. 100941.
10. Influence of naked neck gene on laying performance and some hematological parameters of dwarfing hens / A. Galal, A. M. H. Ahmed, U. M. Ali, H. H. Younis // *International Journal of Poultry Science*. - 2007. - 6(11). – P. 807-813.
11. Абельдинов, Р. Б. Биологический статус коров симментальской породы казахстанской селекции с различным генотипом по генам-кандидатам белкового обмена / Р. Б. Абельдинов, Т. К. Бексеитов // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2017. - № 2(148). – С. 81-87.
12. Genome-wide association study of porcine hematological parameters in a Large White × Minzhu F2 resource population / W. Luo, S. Chen, D. Cheng, L. Wang, Y. Li, X. Ma, L. Zhang // *International journal of biological sciences*. - 2012. - 8(6). – P. 870.

## HEMATOLOGICAL STATUS OF SIMMENTAL BREDINSKY MEAT TYPE HEIFERS WITH DIFFERENT ALLELIC SET OF CAPN1 AND TG5 GENES

**Tyulebaev S. D., Kadysheva M. D.**  
**Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences"**  
**460000, Orenburg, January 9st., 29, tel.: +7(3532)308174,**  
**s-tyulebaev@mail.ru**

**Key words:** cattle, meat breed, blood, genes, polymorphism, heterozygote, hematology.

The work carried out by geneticists in recent years connected with whole genome genotyping of cattle by SNP polymorphism with identification of associations with qualitative and quantitative parameters of productivity is used in innovative breeding programs. However, biochemical mechanisms of such determinations are not fully disclosed. Expression of polymorphic genes, which leads to a change of protein properties, is associated with biochemical processes which occur in the animal body at biomolecular level, which can manifest itself in neurohumoral and metabolic processes, which can possibly be traced by analyzing blood parameters. In this regard, blood was taken from the heifers of Bredinsky meat type of Simmental breed in Chelyabinsk region in order to isolate DNA to determine polymorphism of CAPN1 and TG5 genes associated with qualitative parameters of meat productivity and determine hematological parameters. The analysis of the genotyped population revealed a certain alignment of polymorphic state of the genes of the animals of the studied sample. The distribution of hematological parameters of heifers according to the genotypes of the studied genes did not show a clear significant difference, but outlined some tendencies. According to morphological composition of the blood, these tendencies were less expressed. However, the distribution of blood biochemical parameters by genotypes of CAPN1 gene showed superiority of GG genotype by blood glucose by 0.51 mmol/l, which is 21.9%, the content of ALT transamination enzymes by 11.9%, cholesterol by 18.8%. Difference tendencies were noted for genotypes of TG5 gene by creatinine (12.0%) and amylase (9.5%) content. The results of this study may be useful in terms of accumulating new research data and contribute to a better understanding of molecular mechanisms of relations among blood parameters, genes, and biochemical processes in animals.

### Bibliography:

1. Georges, M. Harnessing genomic information for livestock improvement / M. Georges, C. Charlier, B. Hayes // *Nature Reviews Genetics*. - 2018. - 20(3). - P. 135-156. – DOI:10.1038/s41576-018-0082-2.
2. The state of polymorphism of genes affecting the meat quality in micropopulations of meat Simmentals / S. D. Tyulebaev, M. D. Kadysheva, V. I. Kosilov, V. M. Gabidulin // *International Conference on World Technological Trends in Agribusiness : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. - 2021. - P. 012045.
3. Kaplanová, K. Association of single nucleotide polymorphisms in TG, LEP and TFAM genes with carcass traits in cross-breed cattle / K. Kaplanová, J. Dvořák, T. Urban // *MendelNet Agro*. - 2009. - 139.
4. Tyulebaev, S. D. Polymorphism of genes among heifers with different types of constitution / S. D. Tyulebaev, M. D. Kadysheva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* this link is disabled. – 2021. - 848(1). - P. 012213.
5. Enhanced estimates of carcass and meat quality effects for polymorphisms in myostatin and  $\mu$ -calpain genes / G. L. Bennett, R. G. Tait Jr, S. D. Shackelford, T. L. Wheeler, D. A. King, E. Casas, T. P. Smith // *Journal of Animal Science*. - 2019. - 97(2). - P. 569-577.
6. Savaşçı, M. The investigation of calpastatin and thyroglobulin gene polymorphisms in some native cattle breeds / M. Savaşçı, F. Atasoy // *Ankara Ünivesitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. - 2016. - 63(1). - P. 53-59.
7. The state of allelic forms of CAPN1, CAST genes and the compatibility of different lines in the population of the Bredinsky meat type of Simmentals / S. D. Tyulebaev, M. D. Kadysheva, S. M. Kanatpaev, V. G. Litovchenko // *Vestnik of meat cattle breeding*. - 2017. - № 2 (98). - P. 52-57.
8. Domestic meat breed of intensive type - a new direction in meat cattle breeding in Russia / S. D. Tyulebaev, M. D. Kadysheva, S. A. Miroshnikov, A. S. Ushakov // *Problems of Biology of Productive Animals*. - 2011. - № 3. - P. 20-26.
9. Association of TMPRSS6 polymorphisms with hematologic parameters, histopathological data and breast cancer risk in Turkish population / M. Guven, M. Mete, D. C. Trabulus, E. Ozoran, D. Erhan // *Meta Gene*. - 2021. - Vol. 29. - P. 100941.
10. Influence of naked neck gene on laying performance and some hematological parameters of dwarfing hens / A. Galal, A. M. H. Ahmed, U. M. Ali, H. H. Younis // *International Journal of Poultry Science*. - 2007. - 6(11). - P. 807-813.
11. Abeldinov, R. B. Biological status of cows of Simmental breed of Kazakhstan selection with different genotypes by candidate genes of protein metabolism / R. B. Abeldinov, T. K. Bekseitov // *Vestnik of Altai State Agrarian University*. - 2017. - № 2 (148). - P. 81-87.
12. Genome-wide association study of porcine hematological parameters in a Large White  $\times$  Minzhu F2 resource population / W. Luo, S. Chen, D. Cheng, L. Wang, Y. Li, X. Ma, L. Zhang // *International journal of biological sciences*. - 2012. - 8(6). - P. 870.