

## Генетическая характеристика казахского белоголового скота

*Ш.А. Макаев, д.с.-х.н., ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН; Р.Ш. Тайгузин, д.б.н., профессор, О.А. Ляпин, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ; А.В. Фомин, СПК «Племзавод «Красный Октябрь»*

Важным резервом увеличения объёмов производства высококачественного мяса – говядины является всемерное развитие специализированного мясного скотоводства [1–3].

В последние десятилетия достижения молекулярной генетики предоставили возможность анализа проявления генов, связанных с хозяйственно полезными признаками крупного рогатого скота. Это позволит проводить отбор мясного скота по желательным генетическим маркерам, что значительно ускорит отбор генотипов с желательными качествами.

С этой целью ведётся поиск генов-кандидатов и разрабатываются тест-системы для изучения влияния полиморфных вариантов таких генов на показатели липидного обмена животных. Массовое внедрение ДНК-технологии в практику селекционно-племенной работы позволит изучить гены-маркеры особей, которые контролируют и прогнозируют племенную ценность животных и вероятность получения от них мяса высокого качества [4–14].

В связи с этим изучение полиморфизма генов роста (соматотропина), нежности мяса (кальпаина) и мраморности (тиреоглобулина) актуально и представляет научный и практический интерес.

**Материал и методы исследований.** Исследование проводили с момента составления и проведения заказных спариваний методом искусственного осеменения половозрелых линейных коров с семенем быков – носителей генотипов желательных генов, контролирующих производство говядины с высоким качеством. В дальнейшем выращивали и использовали новые генотипы в воспроизводстве стада. Племенная работа в стадах базовых хозяйств переведена в

высшую стадию селекции – линейное разведение животных. Согласно разработанной методике и рабочей программе, в хозяйствах систематически проводятся отбор и подбор новых генотипов с желательными признаками, формирование однородных маточных гуртов по возрасту и фенотипу (комолость), проверка быков-производителей структурных элементов стада по качеству потомства и другие прогрессивные селекционно-генетические элементы углублённой племенной работы.

Система селекционно-племенной работы с породой была направлена на дальнейшее увеличение живой массы животных, крупнорослости, повышение интенсивности роста и оплаты корма приростом, улучшение мясных форм при сохранении высокой воспроизводительной способности и молочности коров, жизнестойкости и приспособленности к местным климатическим условиям со следующими параметрами хозяйственно полезных признаков: живая масса половозрелых коров – 550 кг, быков-производителей – 900 кг и более, 15-месячных бычков – 450–500 кг, затраты корма на 1 кг прироста живой массы – не более 7 корм. ед., живая масса тёлочек перед случкой – 380–400 кг, молочность коров – 210–230 кг, оценка экстерьера и конституции коров и быков – 85–95 баллов соответственно, выход телят на 100 маток – 85 % и более.

В процесс ведения линий положен принцип «лучшее с лучшим даёт лучшее». При этом используется как кроссирование линий, так и родственные спаривания. Подбор генотипов производится с учётом результатов анализа эффективности сочетаемости линий и внутрилинейного подбора. В целях увеличения численности комолых животных применяется гомогенный подбор скота по признаку комолости.

Рост и развитие животных определяется по данным их ежемесячного взвешивания от рождения до 15 мес., перед случкой и в последующие

возрастные периоды: 2; 3; 4; 5 лет и старше. Селекционно-генетическая оценка животных проводилась по наивысшему показателю данных бонитировки живой массы, молочности, продолжительности межотельного периода, оценки экстерьера и телосложения, высоты в крестце и эффекта сочетаемости линий и родственных групп. Анализ результатов исследования предполагал использование информационной автоматизированной системы «Оценки племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности» (ИАС «ОПЦ КРС»), разработанной специалистами ФГБНУ ВНИИМС.

Объектом исследования были чистопородные животные, полученные в результате проведения кроссов заводских линий казахской белоголовой породы в стадах племенных хозяйств. Генотипическая характеристика микропопуляций казахского белоголового скота протестирована по ДНК-маркерам, связанными с хозяйственно полезными признаками мясных животных.

Было отобрано 15 племенных бычков и 45 половозрелых коров в стаде СПК «Племзавод «Красный Октябрь» Волгоградской области для генотипирования и пополнения базы данных по предварительной работе определения мясной продуктивности животных. Для изучения полиморфизма генов использовали цельную кровь животных. Генетические исследования проводились на базе испытательного центра ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (экспертиза № 34 от 14 мая 2019 г.).

При определении частоты аллелей и частоты генотипов полезных генов пользовались формулой Гарди – Вайнберга:

$$P = \frac{n}{N}, \quad (1)$$

где  $P$  – частота генотипа;  
 $n$  – количество особей, имеющих определённый генотип;  
 $N$  – количество особей всего.

Частоту встречаемости аллелей определяли по формуле:

$$P_A = \frac{(2nAA + nAB)}{2N}, g_B = \frac{(2nBB + nAB)}{2N}, \quad (2)$$

где  $P_A$  – частота аллеля А;  
 $g_B$  – частота аллеля В;  
 $N$  – общее число аллелей.

Все установленные показатели селекционируемых признаков отбора животных в опытах подвергались биометрической обработке в соответствии с руководством по биометрии для зоотехников (Н.А. Плохинский, 1969).

**Результаты исследования.** Концентрация генотипов животных заводского типа заволжский казахской белоголовой породы протестирована по четырём ДНК-маркерам, сопряжённым с мясной продуктивностью (CAPN1, bGH, CAST и TG5).

Стадо казахской белоголовой породы племенного завода «Красный Октябрь» Волгоградской области представлено потомками быков-производителей заводского типа заволжский и анкатинский. В селекционной работе по улучшению генетического потенциала внутривидового типа скота значительную помощь может оказать информация об аллельных вариантах целевых генов, ассоциированных с высокой племенной ценностью. Кроме систематических факторов среды, в племенной работе со стадом учитывали влияние группы быков-отцов различных генераций на генотипы линейных животных разных лет рождения. При этом установлена неодинаковая частота встречаемости генотипов и аллелей желательных генов в разрезе половозрастных групп (табл. 1).

По желательному гену CAPN1, который участвует в проявлении качества мяса говядины – нежности, частота гомозиготного генотипа CC варьировала в пределах от 0 до 0,27 при максимальной концентрации в группе племенных бычков. Альтернативный генотип GG, наоборот, отличался большей встречаемостью у половозрелых коров – на уровне 0,64. Наибольшее поголовье тестируемых животных явилось носителем гомозиготного генотипа GG платформы гена кальпаина – 48,0 %, что значительно превышало численность индивидуумов с генотипом CC – на 47,93 % и гетерозиготным бычкам по CG – на 25,0 %.

В производстве высококачественной говядины, отличающейся лучшей нежностью и мраморностью, С-аллель гена CAPN1 с высокой частотой встречалась среди генотипированных бычков – 0,633. А у взрослых коров концентрация аллеля С была на 45,5 % ниже. Анализ показателей концентрации аллелей гена CAPN1 показывает, что частота встречаемости альтернативной аллели G в 2,4 раза превышает данный показатель предпочтительной аллели в изучаемой микропопуляции мясных животных.

Так, несмотря на значительный дефицит желательной аллели С по гену CAPN1, все бычки были реализованы в КФХ Волгоградской области.

Чтобы увеличить частоту встречаемости генотипов CG по стаду необходимо увеличить количество коров с гетерозиготным генотипом в воспроизводстве, а в дальнейшей племенной работе усиленно использовать выявленных коров с генотипом CG по гену-маркеру CAPN1 в количестве 12 гол. Такой вариант улучшающего подбора даст возможность отбора племенных бычков для ремонта собственного стада желаемым генотипом. (Индивидуальные номера племенных коров с высокими показателями селекционируемых признаков на уровне класса элита-рекорд: 4778, 4717, 4710, 4766, 4732, 4845, 4840, 4811, 4789, 4719, 4749, и 4815).

Генами, характеризующими признаки мясной продуктивности крупного рогатого скота, являются гены соматотропинового каскада. Изучение распространения генотипов гормона роста GH показало, что наибольшее накопление желательного генотипа VV в изучаемой микропопуляции казахского белоголового скота наблюдалось по группе бычков, и частота их встречаемости составляла 0,47, у коров – 0,31 и по стаду – 0,35. Однако следует отметить наличие довольно значительного поголовья гетерозиготных особей ZV, которое варьировало в пределах 20–47 % и в целом по популяции составляло 40 %. Несущественные различия выявлены по концентрации альтернативного генотипа ZZ гена роста в разрезе половозрастных групп. Так, превосходство бычков – носителей нежелательного гомозиготного генотипа ZZ относительно половозрастных коров составляло 11 %.

Частота встречаемости аллелей на платформе гена bGH установлена в половозрастных группах почти с одинаковой концентрацией, разница между ними варьировала от 2,6 до 7,4 %. Наиболее желательным для племенных целей аллельным соотношением отличалась группа взрослых коров. Так, концентрация носителей V-аллеля у них была выше по сравнению с бычками на 7,4 %. Однако следует отметить, что в целом по микропопуляции частота встречаемости Z-аллеля незначительно превышала показатель V-аллеля в локусе гена гормона роста на 10,0 %.

Генотипы гена-маркера CAST (кальпастати-на) немаловажную роль играют в производстве говядины с высоким качеством. Частота встречаемости желательного генотипа CC в локусе кальпастатина варьировала от 0,27 до 0,95 в разрезе половозрастных групп животных, при максимальной концентрации по группе коров, а гомозиготный GG вариант гена CAST в них вообще отсутствовал.

Следует отметить, что для гена тиреоглобулина (TG5) генотипы TT и CT связаны с высокими вкусовым и питательными качествами мяса

говядины. Анализ показателей полиморфизма этого гена-маркера в нашем исследовании показывает, что проявление генотипов гена TG5 вообще отсутствует.

Учитывая результаты ДНК-анализа крови и генеалогической структуры стада племзавода «Красный Октябрь», для осеменения коров селекционного ядра мы рекомендовали 12 бычков, несущих желательные генетические блоки (аллели) CAPN1 генотипа.

Согласно данным бонитировки, поголовье генотипированных коров исследуемой популяции принадлежало к трём заводским линиям заводского типа заволжского казахской белоголовой породы крупного рогатого скота: Смычка 5545к – 34 гол. (75,8 %), Дикого 7619к – 7 гол. (15,5 %) и Призёра 5001к – 4 гол. (8,9 %).

Мониторинг применения метода чистопородного разведения по линиям в совершенствовании хозяйственно-племенных качеств мясного скота показал, что средняя масса линейных половозрастных коров стабилизировалась на уровне 536,3±10,82 кг (при коэффициенте C<sub>v</sub> 14,8 %), что превышало стандарт породы на 16,3 кг, или 3,1 % (табл. 2). Из общего числа составленных родительских пар линейных животных 46,7 % соответствовали по массе тела коров требованиям высших бонитировочных классов – элита и элита-рекорд.

Анализ характеристики хозяйственно полезных признаков отбора коров заводской линии Смычка 5545к с разными генотипами гена-маркера роста показал их преимущество в сравнении с генотипами маркера CAPN1 (табл. 3). Оценка генотипов, ассоциированных с живой массой, показала, что группа коров с генотипом ZV имела живую массу 549,4 кг, что было больше на 9,7 кг в сравнении со средним показателем потомков линии Смычка и на 29,4 кг (5,7 %) выше уровня стандарта породы.

В возрасте 5 лет и старше у коров этот показатель различался в группе статистически значимо, что делает важным рассматривать генотип

### 1. Генетическая характеристика линейных животных казахской белоголовой породы

| Ген-маркер | Группа животных | Частота встречаемости генотипа |      |      | Частота встречаемости аллеля |       |
|------------|-----------------|--------------------------------|------|------|------------------------------|-------|
|            |                 | CC                             | CG   | GG   | C                            | G     |
| CAPN1      | бычки (n = 15)  | 0,27                           | 0,73 | –    | 0,633                        | 0,367 |
|            | коровы (n = 45) | –                              | 0,36 | 0,64 | 0,178                        | 0,822 |
|            | итого (n = 60)  | 0,07                           | 0,45 | 0,48 | 0,292                        | 0,708 |
|            |                 | VV                             | ZV   | ZZ   | V                            | Z     |
| bGH        | бычки (n = 15)  | 0,47                           | 0,20 | 0,33 | 0,570                        | 0,430 |
|            | коровы (n = 45) | 0,31                           | 0,47 | 0,22 | 0,644                        | 0,456 |
|            | итого (n = 60)  | 0,35                           | 0,40 | 0,25 | 0,550                        | 0,450 |
|            |                 | CC                             | CG   | GG   | C                            | G     |
| CAST       | бычки (n = 15)  | 0,27                           | 0,45 | 0,27 | 0,500                        | 0,500 |
|            | коровы (n = 45) | 0,95                           | 0,04 | –    | 0,978                        | 0,022 |
|            | итого (n = 60)  | 0,78                           | 0,15 | 0,07 | 0,858                        | 0,142 |

2. Показатели селекционируемых признаков линейных коров при кроссах линий, X±x

| Показатель                                   | Вариант подбора животных (кличка родоначальника линии) |       |                             |       |                         |       |                          |       |                          |       |             |                        | Сверстники по стаду (n = 45) |  |  |                           |  |
|--|--|-------|-----------------------------|-------|-------------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|-------------|------------------------|------------------------------|--|--|---------------------------|--|
|  | Смывчок × Смывчок (n = 14)                             |       | Смывчок × Задорный (n = 12) |       | Смывчок × Замок (n = 8) |       | Дикий × Марципан (n = 7) |       | Призер × Смывчок (n = 4) |       | X ± Sx      | Cy, %                  |                              |  |  | % животных высших классов |  |
|  | X ± Sx   | Cy, % | X ± Sx                      | Cy, % | X ± Sx                  | Cy, % | X ± Sx                   | Cy, % | X ± Sx                   | Cy, % |             |                        |                              |  |  |                           |  |
| Живая масса в возрасте, кг:                  |  |       |                             |       |                         |       |                          |       |                          |       |             |                        |                              |  |  |                           |  |
| новорождённые                                | 25±0,95  | 14,2  | 24±0,83                     | 12,9  | 25±0,58                 | 8,7   | 26±0,92                  | 13,2  | 25±3,8                   | 5,7   | 24,9±2,98   | 8,8                    | 100,0                        |  |  |                           |  |
| 8 мес.                                       | 220±1,88   | 3,2   | 200±1,79                    | 3,4   | 215±1,57                | 2,7   | 200±1,82                 | 3,4   | 195±3,4                  | 6,5   | 208,4±2,03  | 7,2                    | 25,9                         |  |  |                           |  |
| 15 мес.                                      | 350±4,45   | 4,7   | 300±4,26                    | 5,3   | 310±3,10                | 3,7   | 320±2,81                 | 3,3   | 310±3,8                  | 4,6   | 321,5±3,98  | 9,2                    | 41,0                         |  |  |                           |  |
| 18 мес.                                      | 385±2,68   | 2,6   | 345±4,32                    | 4,7   | 355±2,74                | 2,9   | 366±2,48                 | 2,5   | 360±3,9                  | 4,1   | 363,8±3,22  | 6,6                    | 79,6                         |  |  |                           |  |
| 2 года                                       | 400±3,23   | 3,02  | 390±5,21                    | 5,0   | 400±2,28                | 2,1   | 395±3,14                 | 3,0   | 400±3,6                  | 3,4   | 396,8±3,49  | 6,5                    | 48,1                         |  |  |                           |  |
| 3 года                                       | 455±2,75   | 2,26  | 400±3,08                    | 2,9   | 430±4,87                | 4,2   | 440±4,63                 | 3,9   | 440±4,10                 | 3,5   | 432,2±3,88  | 6,6                    | 59,3                         |  |  |                           |  |
| 4 года                                       | 500±7,03   | 5,3   | 410±3,29                    | 3,0   | 485±6,18                | 4,8   | 490±5,97                 | 4,6   | 489±5,0                  | 3,8   | 470,8±5,49  | 8,3                    | 66,7                         |  |  |                           |  |
| 1) живая масса                               | 560±12,43  | 8,3   | 510±7,7                     | 5,2   | 530±11,07               | 5,9   | 545±12,01                | 6,2   | 530±10,89                | 7,1   | 536,3±10,82 | 14,8                   | 46,7                         |  |  |                           |  |
| 2) молочность в 205 сут.                     | 220±7,12   | 12,1  | 200±3,13                    | 5,4   | 215±5,73                | 7,5   | 210±10,24                | 13,8  | 205±8,97                 | 15,1  | 210,9±7,04  | 24,6                   | 100,0                        |  |  |                           |  |
| 3) оценка по экстерьеру и телосложению, балл | 22±1,26  | 21,4  | 19±1,17                     | 21,3  | 21±1,66                 | 22,4  | 20±1,09                  | 15,4  | 20±1,81                  | 31,3  | 20,5±1,40   | 50,4                   | 100,0                        |  |  |                           |  |
| 4) высота в крестце, см                      | 129±1,29   | 3,7   | 128±1,07                    | 2,9   | 130±1,15                | 2,5   | 131±0,98                 | 2,1   | 130±1,02                 | 2,7   | 129,3±1,10  | 6,3                    | 100,0                        |  |  |                           |  |
| 5) МОП, сут.                                 | 399,8<br>(lim 350–428)                                 |       | 407,3<br>(lim 400–410)      |       | 375,4<br>(lim 365–386)  |       | 391,3<br>(lim 340–442)   |       | 414,2<br>(lim 400–440)   |       |             | 397,4<br>(lim 320–439) |                              |  |  |                           |  |

3. Продуктивность коров разных генотипов

| Ген-маркер   | Генотип | n  | живая масса, кг |         | молочность, кг |         | оценка экстерьера и телосложения, балл |       | МОП, сутки |         |
|--------------|---------|----|-----------------|---------|----------------|---------|--|-------|------------|---------|
|              |         |    | X̄              | lim     | X̄             | lim     | X̄                                     | lim   | X̄         | lim     |
| САРN1        | CC      |    | -               | -       | -              | -       | -                                      | -     | -          | -       |
|              | CG      | 12 | 540,0           | 520–580 | 212,8          | 180–240 | 19,0                                   | 15–25 | 403,8      | 360–428 |
|              | GG      | 22 | 539,5           | 520–600 | 219,6          | 180–240 | 19,7                                   | 15–27 | 396,7      | 340–435 |
| По линии bGH |         | 34 | 539,7           | 520–600 | 216,6          | 180–240 | 19,6                                   |       | 396,7      | 340–435 |
|              | VV      | 9  | 520,0           | 520–520 | 213,6          | 210–215 | 16,0                                   | 15–20 | 402,7      | 361–439 |
|              | ZV      | 17 | 549,4           | 520–600 | 219,1          | 210–240 | 21,0                                   | 16–28 | 387,2      | 320–428 |
| По линии     | ZZ      | 8  | 541,3           | 520–580 | 214,4          | 210–240 | 20,4                                   | 16–27 | 410,0      | 400–425 |
|              |         | 34 | 539,7           | 520–600 | 216,6          | 210–240 | 19,6                                   | 15–27 | 396,7      | 320–439 |
| По стаду     |         | 45 | 538,2           | 520–600 | 215,8          | 180–240 | 20,5                                   | 15–28 | 397,4      | 320–439 |

По методике: Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 255 с.

ZV как предпочтительный, а генотипы VV, ZZ, CG и GG – как альтернативные.

Изучение влияния генотипов гена CAPN1 на величину молочности коров по полиморфизму гена-маркера показало, что в микропопуляции маток просматривалась тенденция к повышению этого показателя до 219,6 кг с превышением на 9,6 кг (4,6 %) уровня стандарта породы для взрослых коров.

По данным таблицы 3 установлено, что присутствие в группе потомков Смычка генотипа ZV гена-маркера bGH привело к повышению оценки экстерьера и телосложения до 21,0 бал., которая варьировала у особей от 16,0 до 28,0 бал. Такая оценка объективно характеризовала генотипы с ярко выраженными мясными формами экстерьера и высокорослостью и достаточно хорошо развитым выменем.

Эти качества характеризовали данную группу гетерозиготных генотипов как более массивных и высокорослых животных с высокой молочной продуктивностью. Однако результаты математической обработки показателей признаков отбора скота не подтвердили значимость данных наблюдений по гомозиготным генотипам VV гена-маркера bGH, которые в среднем по группе имели самую низкую величину живой массы коров в возрасте 5 лет – 520,0 кг и худшую оценку экстерьера и телосложения, равную 16 бал. (lim 15–20).

Все изучаемые генотипы полезных генов имели высокие показатели воспроизводительной способности. Их средняя продолжительность межотельного периода составляла по исследуемой микропопуляции 396,7 сут. В то же время показатели селекционируемых признаков коров с желательными генотипам изучаемых полиморфизмом генов варьировали от влияния способов подбора родительских пар животных. Так, генотипы, полученные методом внутрилинейного подбора потомков заводской линии Смычка 5545к в исследуемой группе коров, имели самую высокую величину живой массы –  $560 \pm 12,43$  кг, молочности –  $220,0 \pm 7,12$  кг, оценки экстерьера и телосложения –  $22,0 \pm 1,26$  бал., МОП –  $401,0 \pm 7,18$  сут. и высоты в крестце –  $129,0 \pm 1,29$  см, превышая средние показатели стада соответственно на 4,6 %, 4,8; 4,9; 1,1 и 0,1 %.

**Вывод.** Проведение полиморфизма желательных генов-маркеров позволило определить генетическую характеристику половозрастных групп животных, полученных в результате проведённых кроссов заводских линий казахской белоголовой породы. Выделены особи с желательными генотипами структурных элементов стада. Интенсивное их использование в создании родительских пар позволит повышать частоту встречаемости желательных гомозиготных генотипов по генам-маркерам, ассоциированным с селекционируемыми признаками мясного скота.

### Литература

1. Зелепухин А.Г., Левахин В.И. Повышение эффективности производства говядины. М., 2002. 232 с.
2. Куракин И. Альтернативы мясному скотоводству нет. // Животноводство России. 2004. № 10. С. 16–18.
3. Амерханов Х.А., Калашников В.В., Левахин В.И. Мясное скотоводство: состояние, проблемы и перспективы развития // Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 1. С. 2–5.
4. Evaluation of single-nucleotide polymorphisms in CAPN1 for association with meat tenderness in cattle / B.T. Page, E. Casas, M.P. Heaton [et al.] // Journal of Animal Science. 2002. 80(12). P. 3077–3085.
5. Effects of calpastatin and micro-calpain markers in beef cattle on tenderness traits / E. Casas, S.N. White, T.L. Wheeler [et al.] // Journal of Animal Science. 2006. 84. P. 520–525.
6. Jennifer L.G., Stephen C.B., McCorquodale C. Association of selected SNP with carcass and taste panel assessed meat quality traits in a commercial population of Aberdeen Angus-sired of cattle // Genetic Selection Evolution. 2009. 14. P. 36.
7. Мирошников С.А., Макаев Ш.А. Отбор генотипов с желательными параметрами продуктивности казахского белоголового скота // Вестник мясного скотоводства. 2012. № 4 (78). С. 13–20.
8. Полиморфизм по генам соматотропина, пролактина, лептина, тиреоглобулина быков-производителей / С.В. Тюлькин, Т.М. Ахметов, Э.Ф. Валиуллина [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16. № 4/2. С. 1008–1011.
9. Использование метода ПЦР для генотипирования крупного рогатого скота по гену CAPN1 с использованием генетических маркеров / Д.Б. Косян, Е.А. Русакова, О.В. Кван [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 6 (142). С. 26–30.
10. The association of CAPN1, CAST, SCD, and FASN polymorphisms with beef quality traits in commercial crossbred cattle in the Czech Republic / K. Kaplanova, A. Dufek, E. Drackova [et al.] // Czech Journal of Animal Science. 2013. V. 58. P. 489–496.
11. Полиморфизм генов bGH, RORC и DGAT1 у мясных пород крупного рогатого скота России / И.Ф. Горлов, А.А. Федюнин, Д.А. Ранделин [и др.] // Генетика. 2014. Т. 50. № 12. С. 1448–1454.
12. Сурундаева Л.Г. Сравнительный анализ генетической структуры популяций крупного рогатого скота мясных пород по полиморфным вариантам генов гормонов соматотропина и тиреоглобулина // Вестник мясного скотоводства. 2016. № 4 (95). С. 21–29.
13. Особенности полиморфизма генов гормона роста (GH), кальпаина (CAPN 1) быков-производителей мясных пород / М.И. Селионова, Л.Н. Чижова, М.П. Дубовскова [и др.] // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 2 (98). С. 65–72.
14. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 255 с.