

УДК 636.2.034:575.22

DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.60.13>

## АНАЛІЗ БУГАЇВ-ПЛІДНИКІВ МОЛОЧНИХ ПОРІД ЗА КОМПЛЕКСНИМИ ГЕНОТИПАМИ БЕТА- І КАППА КАЗЕЇНУ

**В. І. ЛАДИКА<sup>1</sup>, Ю. І. СКЛЯРЕНКО<sup>2</sup>, Ю. М. ПАВЛЕНКО<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет (Суми, Україна)

<sup>2</sup>Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН (Сад, Україна)

<https://orcid.org/0000-0001-6748-7616> – В. І. Ладика

<https://orcid.org/0000-0002-6579-2382> – Ю. І. Скляренко

<https://orcid.org/0000-0002-4128-122X> – Ю. М. Павленко

[Sklyrenko9753@ukr.net](mailto:Sklyrenko9753@ukr.net)

Маркер-залежна селекція є одним з актуальних напрямків вдосконалення великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності. Вона дозволяє вести відбір і підбір батьківських форм на генному рівні. Зростаючі вимоги ринку до якості молока обумовлюють потребу в селекції дійного стада за допомогою генетичних маркерів, асоційованих з якісними ознаками молочної продуктивності. Актуальним питанням у селекції молочної худоби на сьогодні є вивчення взаємозв'язку між спадковими факторами, які обумовлюють типи білків у молоці. Казеїн є основним компонентом молочних білків і представлений трьома фракціями – альфа (CSN1S1), бета (CSN2) і капа (CSN3). Вміст окремих фракцій казеїну залежить від породи корів. Генетичні варіанти бета-казеїну суттєво впливають на здоров'я людини, капа-казеїну пов'язані з якістю молочної сировини та більшою придатністю молока для переробки та виробництва сиру. Метою роботи є оцінка генотипу бугаїв-плідників, для відтворення маточного поголів'я в 2020 році в Україні за генами бета- та каппа-казеїну. Встановлено, що більшість бугаїв-плідників, які допущені до використання, оцінені за цими генотипами. Кількість оцінених за досліджуваними ознаками бугаїв, в залежності від породи, складала від 43 до 85%. Залежно від породи виявлено від 2 до 16 різноманітних комбінацій генотипів бета- та каппа-казеїну. Частота зустрічі бажаного комплексного генотипу A2A2/BB, залежно від породи, знаходилась в межах від 0,0 до 75,0%. Бугаї голштинської породи бажаного генотипу A2A2/BB за оцінкою: згідно показників надою дочок, кількості молочного жиру, молочного білка, індексів довічного прибутку, прибутку за сиром, прибутку за молоком переважали бугаїв деяких інших комплексних генотипів.

Тому застосування спермопродукції бугаїв з генотипом A2A2/BB дозволить покращити господарські корисні ознаки потомства, і сприятиме подальшому збільшенню поголів'я худоби з бажаним комплексним генотипом.

**Ключові слова:** бугай, алель, генотип, гаплотип, порода, казеїн, молочно продуктивність

## ANALYSIS OF COMPLEX GENOTYPES OF BETA- AND KAPPA CASEIN OF BULLS OF DAIRY BREEDS

**V. I. Ladyka<sup>1</sup>, Y. I. Sklyarenko<sup>2</sup>, Y. M. Pavlenko<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Sumy National Agrarian University (Sumy, Ukraine)

<sup>2</sup>Institute of Agriculture of Northern East of NAAS (Sad, Ukraine)

*Marker-dependent breeding is one of the most relevant areas for improving the dairy productivity of cattle. It allows the selection of parent forms at the gene level. The growing demands of the market for milk quality make it necessary to select dairy herds using genetic markers associated with qualitative characteristics of milk productivity. A topical issue in dairy cattle breeding today is the study of the relationship between hereditary factors that determine the types of proteins in milk. Casein is the main component of milk proteins and is represented by three fractions – alpha (CSN1S1), beta (CSN2) and kappa (CSN3). The content of individual casein fractions depends on the breed of cows. Genetic variants of beta-casein significantly affect human health, while kappa-casein is associated with the quality of milk and the greater suitability of milk for processing and cheese production. The aim of the work is to assess the genotype of bulls-producers for breeding stock reproduction in 2020 in Ukraine according to the beta – and kappa-casein genes. It was found that the majority of bulls-producers approved for use were evaluated based on these genotypes. Depending on the breed, the number of bulls estimated by the studied characteristics ranged from 43 to 85%. Depending on the breed, from 2 to 16 different combinations of beta- and kappa-casein genotypes were identified. The frequency of occurrence of the desired complex genotype A2A2/BB, depending on the breed, was in the range of 0.0 to 75.0%. Holstein bulls of the desired A2A2/BB genotype were estimated to be superior to bulls of some other complex genotypes in terms of daughter milk yield, the amount of milk fat, milk protein, lifetime profit indices, cheese profit, and milk profit.*

*Therefore, the use of sperm production of bulls with the A2A2/BB genotype will improve the economically useful characteristics of offspring, and will further increase the number of livestock with the desired complex genotype.*

**Keywords:** bull, allele, genotype, haplotype, breed, casein, milk productivity

## **АНАЛИЗ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕНОТИПОВ ПО БЕТА- И КАППА-КАЗЕИНАМ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ МОЛОЧНЫХ ПОРОД**

**В. И. Ладика<sup>1</sup>, Ю. И. Склярченко<sup>2</sup>, Ю. Н. Павленко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Сумской национальной аграрный университет (Сумы, Украина)

<sup>2</sup>Институт сельского хозяйства Северного Востока НААН (Сад, Украина)

*Маркер-зависимая селекция является одним из актуальных направлений совершенствования крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. Она позволяет вести отбор и подбор родительских форм на генном уровне. Растущие требования рынка к качеству молока обуславливают потребность в селекции молочного стада с помощью генетических маркеров, ассоциированных с качественными признаками молочной продуктивности. Актуальным вопросом в селекции молочного скота на сегодня является изучение взаимосвязи между наследственными факторами, которые обуславливают типы белков в молоке. Казеин является основным компонентом молочных белков и представлен тремя фракциями – альфа (CSN1S1), бета (CSN2) и капа (CSN3). Содержание отдельных фракций казеина зависит от породы коров. Генетические варианты бета-казеина существенно влияют на здоровье человека, каппа-казеина – связанные с качеством молочного сырья и большей пригодностью молока для переработки и производства сыра. Целью работы является оценка генотипа быков-производителей, для воспроизводства маточного поголовья в 2020 году в Украине по генам бета- и каппа-казеина. Установлено, что большинство быков-производителей, которые допущены к использованию, оценены по этим генотипами. Количество оцененных по исследуемым признакам быков, в зависимости от породы, составляла от 43 до 85%. В зависимости от породы выявлено от 2 до 16 различных комбинаций генотипов бета- и каппа-казеина. Частота желаемого комплексного генотипа A2A2/BB, в зависимости от породы, находилась в пределах от 0,0 до 75,0%. Быки голштинской породы желаемого генотипа A2A2/BB по оценке: согласно показателей надоя дочерей, количества молочного жира, молочного белка, индексов пожизненного прироста, прироста по сыру, прироста по молоку преобладали над быками других комплексных генотипов.*

*Поэтому применение спермопродукции быков с генотипом A2A2/BB позволит улучшить хозяйственно-полезные признаки потомства, и будет способствовать дальнейшему увеличению поголовья скота с желаемым комплексным генотипом.*

**Ключевые слова:** бык, аллель, генотип, гаплотип, порода, казеин, молочная продуктивность

**Вступ.** Одним з актуальних трендів удосконалення великої рогатої худоби молочного напрямку продуктивності є ефективна маркер-залежна селекція, що дозволяє вести відбір і підбір батьківських форм на генетичному рівні. Потреба у селекції дійного стада за допомогою генетичних маркерів, асоційованих з якісними ознаками молочної продуктивності обумовлена зростаючими вимогами ринку до якості молока, особливо за його білковим складом. В якості потенційних ДНК-маркерів молочної продуктивності та якості молока у великої рогатої худоби розглядаються алелі генів білка (казеїнів) [1].

У той же час якість молочної сировини повинна відповідати специфічними особливостями технологічної придатності, що забезпечують виробництво того чи іншого молочного продукту [2].

Науковці стверджують, що наявність алеля В у гені альфа-казеїну впливає на збільшення надою, а інший алель С пов'язаний з збільшеним вмістом білка в молоці [3]. Алель В гену бета-казеїну позитивно впливає на сиропридатність, посилюючи аналогічний вплив алеля В капа-казеїну, що відповідає за білковомолочність і технологічні властивості молока. Його пов'язують з більш високим вмістом білка, а також підвищеним виходом сиру [3, 4].

Згідно результатів досліджень науковців різних країн, встановлено значний взаємозв'язок між білком бета-казеїну молока та захворюваністю людей на діабет першого типу, шизофренію, аутизм. Доведено, що молоко від корів з генотипом А1А1 за бета-казеїном негативно впливає на здоров'я людини. Особливо таке молоко небезпечно для немовлят, які знаходяться на штучному вигодовуванні. Крім того воно негативно впливає на людей, які схильні до алергій та серцево-судинних захворювань [5, 6]. При цьому слід зазначити, що частота генотипу А2А2 за бета-казеїном у тварин різних порід суттєво відрізняється [6, 7].

Стосовно капа-казеїну науковці виділяють серед тринадцяти його варіантів три основні типи: АА, АВ і ВВ [8, 9]. Із технологічної точки зору найбільш бажаним є генотип ВВ. Згідно даних досліджень сир із молока корів такого генотипу згущується на 25% швидше і згусток отримуємо у два рази щільніший в порівнянні з молоком АА. Відповідно вихід сиру маємо на 10% вищий [8]. Тому гени білка молока можуть бути корисними і як генетичні маркери, і як додаткові критерії добору в молочному скотарстві [10]. Частота бажаних генотипів за капа-казеїном детермінована багатьма факторами, у тому числі і породною належністю [11, 12].

Дані наукових досліджень доводять достовірну різницю щодо величини кількісних показників та якісних характеристик молока (вміст жиру, білка та лактози) залежно від генотипу за капа-казеїном [13, 14]. Саме тому відбір за алелем В гена капа-казеїну інтегрований у програми з розведення великої рогатої худоби у багатьох країнах [15].

Оскільки селекція у скотарстві ведеться переважно через бугаїв, серед них проводиться дуже прискіпливий відбір. Згідно принципів великомасштабної селекції потрібно виявлення покращувачів за певними ознаками та інтенсивне використання кращих з них. Поява нових методів оцінки продуктивних якостей сільськогосподарських тварин, які засновані на зіставленні молекулярно-генетичних маркерів, взаємопов'язаних з господарсько-корисними ознаками, дозволили розробити методику прогнозу племінної цінності сільськогосподарських тварин за геномом.

Таким чином, оцінка генотипу племінних бугаїв за локусом генів бета- та капа-казеїну дає можливість виявлення плідників, які є носіями бажаних алелів. У результаті їхнього інтенсивного використання частота бажаних генотипів у корів різних порід може бути підвищеною, що дозволить більш швидкими темпами покращувати якісні характеристики та підвищувати технологічні властивості молока [16].

Тому на нашу думку для більш прогресивного ведення молочного скотарства виключно важливе значення має оцінка генотипу бугаїв за ДНК-маркерами, асоційованими з показниками молочної продуктивності. Присутність у геномі бугая бажаних алелів окремих фракцій казеїну робить його цінним щодо покращення якості молока потомства.

Саме тому селекційно-генетичні методи створення молочного стада із заданими характеристиками повинні передбачати проведення селекційних заходів, заснованих на проведенні підбору батьківських пар за результатами генетичних досліджень [17].

**Мета роботи** – є оцінка генотипу бугаїв-плідників, для відтворення маточного поголів'я в 2020 році в Україні за генами бета- та каппа-казеїну.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проведені шляхом аналізу Каталогу бугаїв молочних і молочно-м'ясних порід для відтворення маточного поголів'я в 2020 році ([http://animalbreedingcenter.org.Ua/images/files/katalog/catalog\\_1\\_2020.pdf](http://animalbreedingcenter.org.Ua/images/files/katalog/catalog_1_2020.pdf)). Проаналізовано бугаїв за генотипом бета- та капа-казеїнів голштинської (n = 872) (Uk.altagenetics.com; altagenetics.ru; <https://www.ggi.de/ru/glavnaja/>; Semex.com; <https://www.cdn.ca/query/individual.php>; Gsel.com.ua; <https://www.cdn.ca/query/individual.php>; <http://sperma.com.ua/produkcja/sperma-bugayiv/chervono-rjaba-golshtinska/>), симентальської (n = 17) ([cgi.zar.at/cgi-bin/zw\\_default.pt](http://cgi.zar.at/cgi-bin/zw_default.pt); <https://www.ggi.de/ru/glavnaja/>), монбельярдської (n = 13) ([wro.synel.net](http://wro.synel.net); [motbeliarde.org](http://motbeliarde.org)), джерсейської (n = 59) (<https://www.cdn.ca/query/individual.php>), червоної данської (n = 8) (VikingGenetics.com; <https://www.cdn.ca/query/individual.php>), червоної норвежської (n = 7) (Geno.no), швіцької (n = 17) (<https://www.ggi.de/ru/glavnaja/>; <http://ct.wwsires.com/>), айширської (n = 8) (<https://www.cdn.ca/query/individual.php>) оцінених за якістю потомства та за геномною оцінкою.

Інтернет-сайт DairyBulls.com використаний для аналізу результатів оцінки бугаїв-плідників за комплексом ознак. За кожною з ознак продуктивності плідника ми визначаємо очікувану різницю відповідного показника між дочками розглянутого бугая і дочками бугая, чия оцінка за даним показником дорівнює нулю (Milk – надій, фунти). За цією ж методикою оцінюємо кількість жиру (Fat) і білка (Prot) (фунти), а також величини економічних індексів. Значення індексу довічного прибутку (LNM \$) – Lifetime Net Merit бугая показує, який прибуток, виражений у доларах, принесе дочка даного бугая протягом життя. Індекс прибутку за сиром (Life time Cheese Merit, \$) – показник, створений для виробників молока, що реалізують його для виробництва сиру (оплата за компоненти). Індекс прибутку за молоком (Life time Fluid Merit, \$) – для виробників молока, які збувають його на ринку питного молока (оплата за обсяг).

Результати досліджень обробляли методами математичної статистики засобами пакету «Statistica-6.1» у середовищі Windows на ПЕОМ [2]. Достовірність (вірогідність) різниці між груповими середніми величинами оцінювали за критерієм достовірності Ст'юдента (t). Різницю між середніми значеннями вважали статистично вірогідною при  $P < 0,05^{(1)}$ ,  $P < 0,01^{(2)}$ ,  $P < 0,001^{(3)}$ .

**Результати досліджень.** Вивчення оцінки плідників допущених до використання у 2020 році в Україні показало, що серед бугаїв голштинської породи лише 43% були оцінені за поліморфізмом генів бета- та капа-казеїнів. У результаті наших досліджень виявлено 16 комбінацій таких генотипів. Більшість з плідників мали комплексний генотип A2A2/AB (рис. 1).

Частка бугаїв-плідників бажаного комплексного генотипу A2A2/BB складала лише 8,49%. Загальна частота бугаїв з генотипом A2A2 за бета-казеїном склала 34,22%, при цьому їх варіанти за генотипом капа-казеїну були різні (AA, AB, BB). За генотипом капа-казеїну BB частота бугаїв склала 17,78%, при різних варіантах генотипу за бета-казеїном (A1A1, A1A2, A2A2).

Серед бугаїв голштинської породи червоно-рябої масті виявлено менше варіантів комбінацій генотипів за бета- та капа-казеїнами. Частка тварин з бажаним комплексним генотипом A2A2/BB складала лише 2,94% (рис. 2).

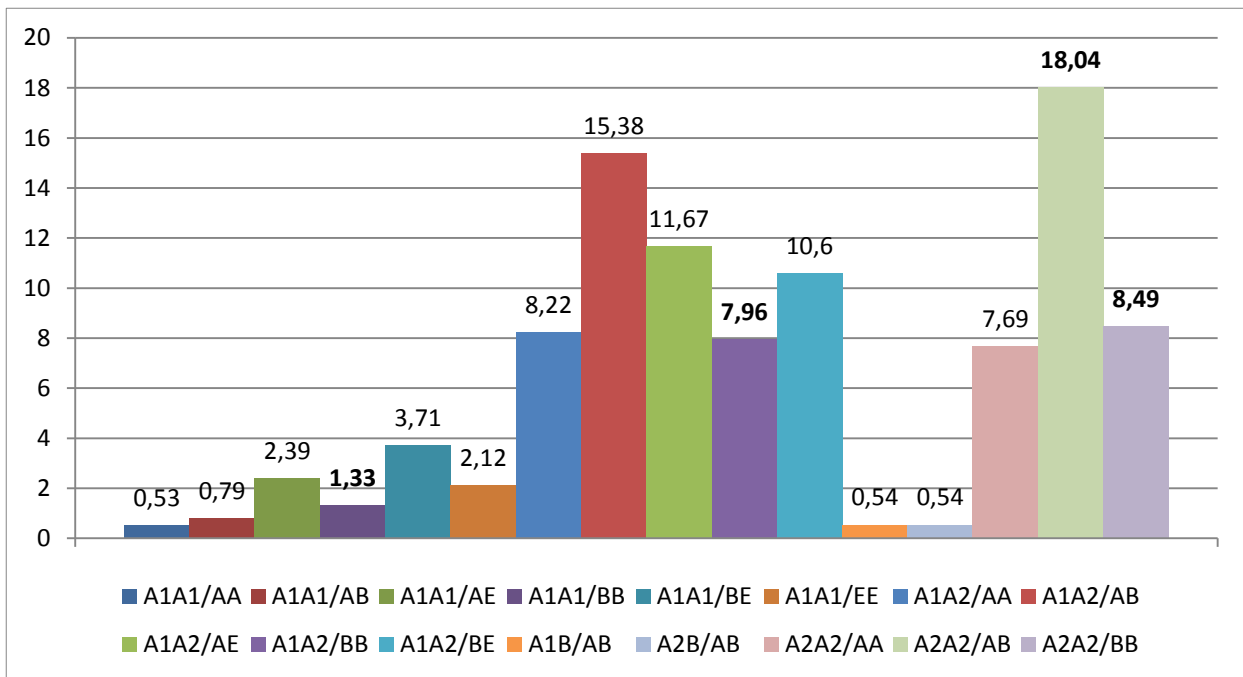


Рис. 1. Частота комплексних генотипів за бета- та каппа-казеїном у бугаїв-плідників голштинської породи

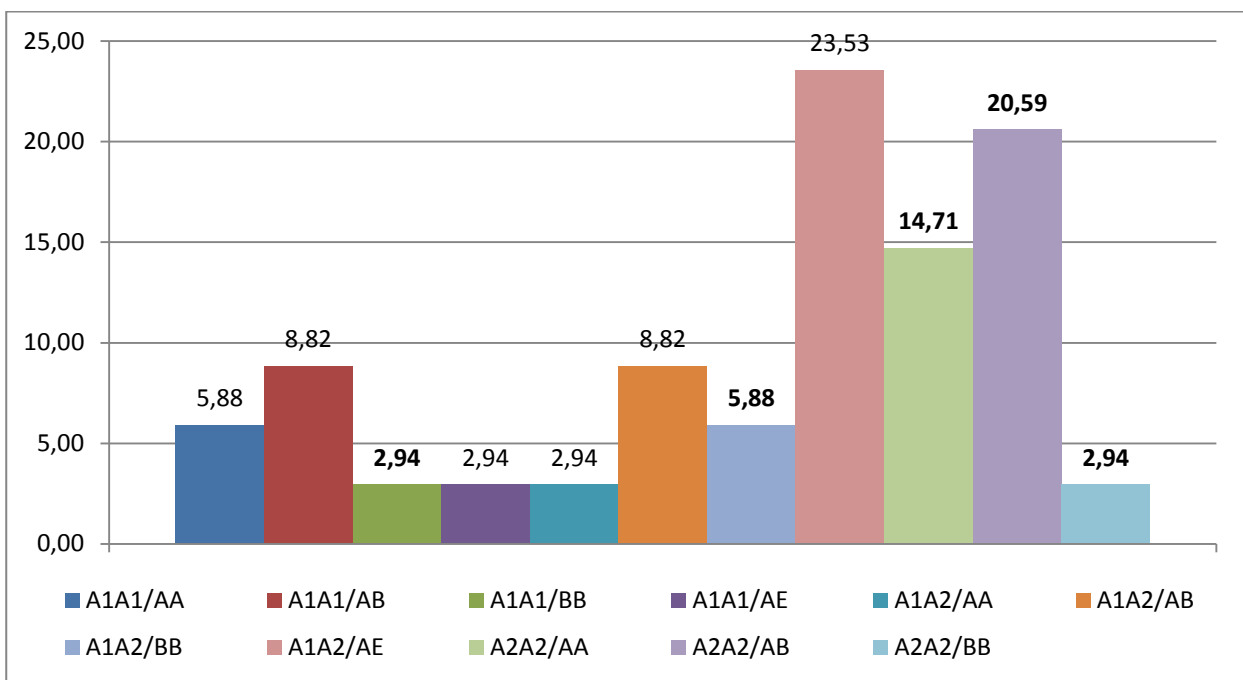


Рис. 2. Частота комплексних генотипів за бета- та каппа-казеїном у бугаїв-плідників голштинської породи (червоно-рябі)

Серед тварин, які оцінені за генотипами обох досліджуваних казеїнів, загальна частка тварин з бажаним генотипом за бета-казеїном A2A2 складає 38,24% (при різних варіантах капа-казеїну AA, AB, BB). За капа-казеїном загальна частка бугаїв з бажаним генотипом BB складала 11,76%.

Серед плідників швіцької та джерсейської породи виявлені лише три варіанти комплексних генотипів. Бажані комплексні генотипи мали 75% оцінених бугаїв швіцької породи та

13,79% джерсейської. Всі бугаї швіцької породи мали бажаний генотип ВВ за капа-казеїном (рис. 3).

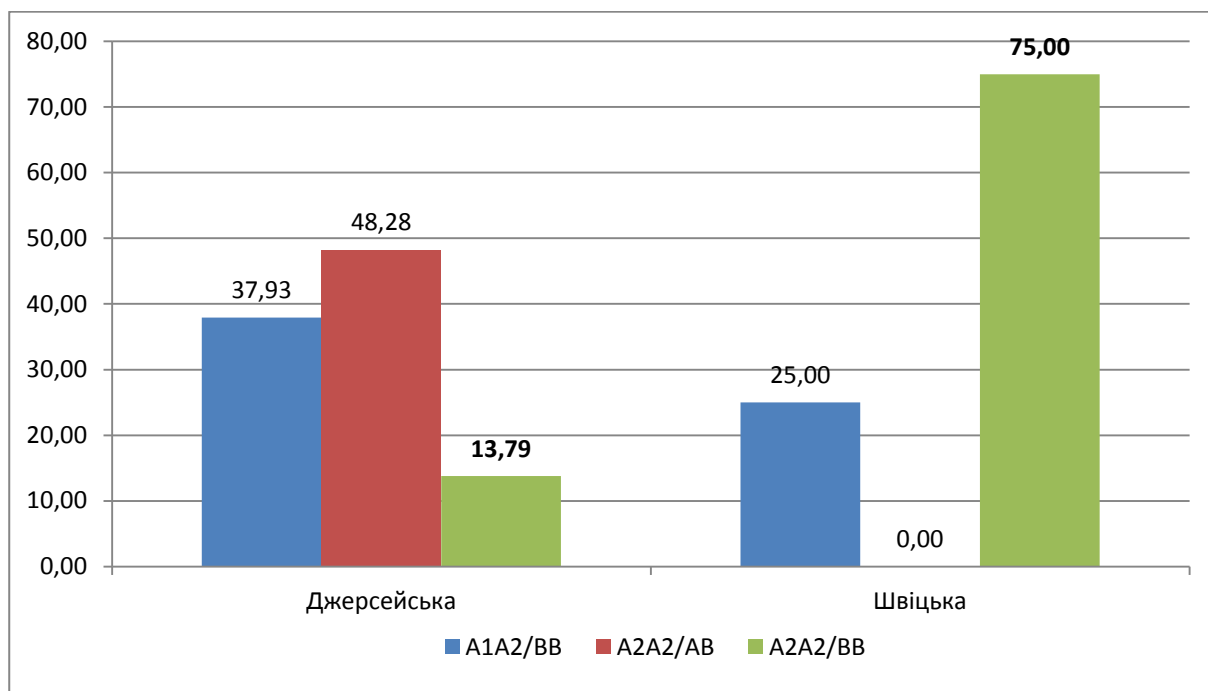


Рис. 3. Частота комплексних генотипів за бета- та каппа-казеїном у бугаїв-плідників джерсейської та швіцької порід

Серед оцінених бугаїв червоних данської та норвежської порід за комплексним генотипом бета- та капа-казеїну виявлено їх шість варіантів (рис. 4).

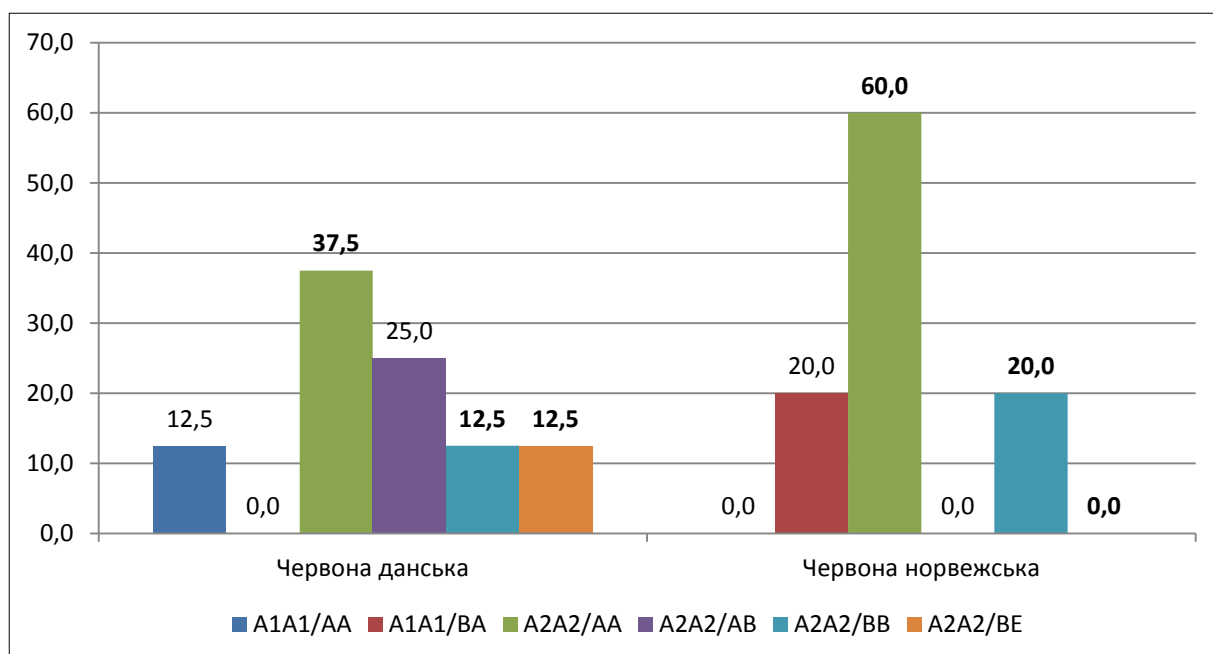


Рис. 4. Частота комплексних генотипів за бета- та каппа-казеїном у бугаїв-плідників червоних данської та норвежської порід

Бажаний генотип мали 12,5% плідників червоної данської та 20,0% червоної норвежської порід. Загальна частка бугаїв з генотипом за бета-казеїном A2A2 відповідно складає 87,5% та 80% (при різних варіантах капа-казеїну – AA, AB, BB, BE). Тварини з бажаним генотипом за капа-казеїном BB мають лише бугаї з генотипом A2A2 за бета-казеїном. Серед бугаїв-плідників симентальської та айрширської породи не виявлено тварин з бажаним комплексним генотипом A2A2/BB, у монбельярдської такі тварини складають 25% (рис. 5).

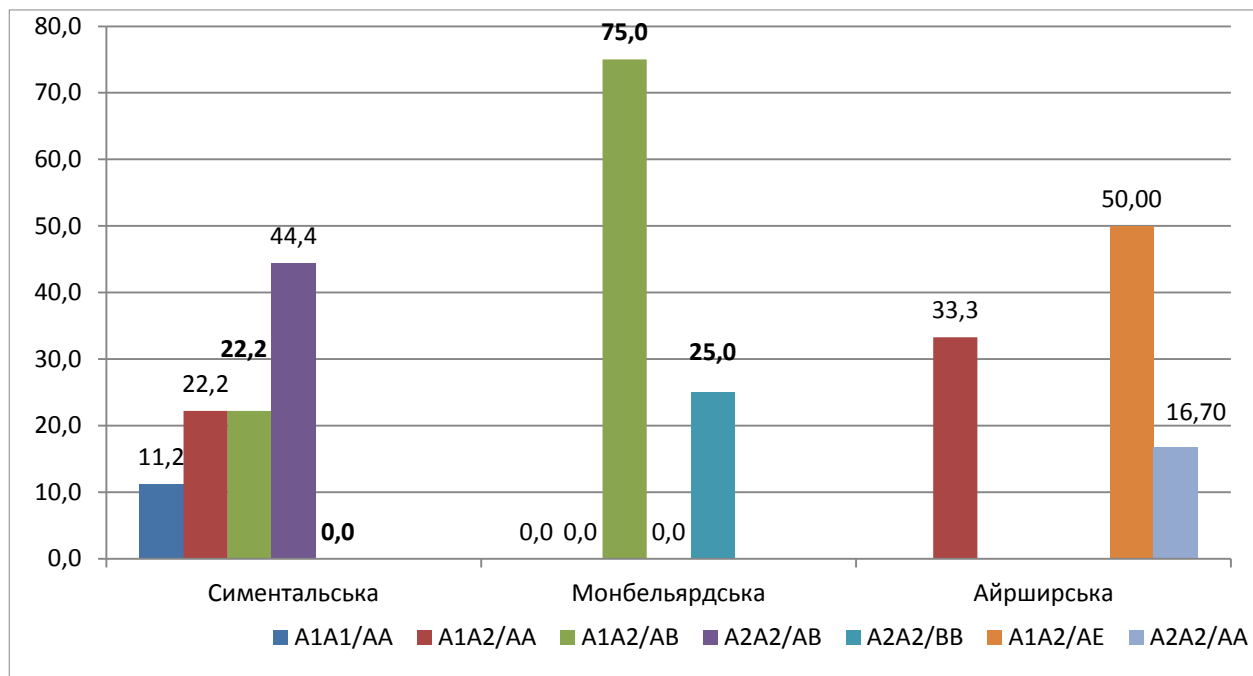


Рис. 5. Частота комплексних генотипів за бета- та капа-казеїном у бугаїв-плідників симентальської та монбельярдської порід

Тварини з бажаним генотипом за бета-казеїном складають: симентальської – 44%, монбельярдської – 25%, айрширської – 16,7%. Тварини з бажаним генотипом за капа-казеїном BB виявлений лише у бугаїв монбельярдської породи.

При проведенні аналізу сумісного впливу досліджуваних генів на показники молочної продуктивності та економічні показники молочної продуктивності дочок бугаїв голштинської породи нами враховані 11 із виявлених 16 комплексних генотипів, частота яких перевищувала 2%.

Проведений аналіз засвідчив достовірну перевагу бугаїв бажаного комплексного генотипу A2A2/BB за оцінкою: показників надою дочок (з генотипом A1A1/AE – на 32%); кількості молочного жиру (з генотипами A1A1/AE – на 45%, A1A2/AE – на 28%); кількості молочного білка (з генотипом A1A1/AE – на 51%); індексу довічного прибутку (з генотипами A1A1/AE – на 28%, A1A2/AA – 24%, A1A2/AB – 13%, A1A2/AE – 15%, A1A2/BB – 17%, A2A2/AA – 19%); індексу прибутку за сиром (з генотипами A1A1/AE – 29%, A1A2/AA – 25%, A2A2/AA – 18%); індексу прибутку за молоком (з генотипом A1A1/AE – 24%, A1A2/AA – 23%). При цьому за надоєм дочок найвищі показники оцінки мали бугаї з комплексним генотипом A1A1/EE, але ця різниця була статистично не достовірною (табл. 1).

Нами проаналізовані всі комбінації між бета- і капа-казеїнами та ідентифіковані 8 гаплотипів CSN2-CSN3 (табл. 2). Розраховували частоти гаплотипів як середньозважене значення ймовірностей гаплотипу.

**1. Результати оцінки бугаїв голштинської породи комплексних генотипів (бета- і капа-казеїни) за показниками молочної продуктивності та економічними індексами дочок**

Генотип	Milk	Fat	Prot	NMS	FMS	CMS	GMS
A1A1/EE (n = 8)	1599 ± 286,8	73 ± 6,6	59 ± 7,8	792 ± 40,3	770 ± 43,8	805 ± 39,7	741 ± 40,1
A1A1/BE (n = 14)	1107 ± 125,7	62 ± 4,7	46 ± 3,7	694 ± 44,5	640 ± 43,1	721 ± 45,5	639 ± 3,91
A1A1/AE (n = 9)	944 ± 121 <sup>1</sup>	51 ± 6,4 <sup>1</sup>	35 ± 4,4 <sup>2</sup>	616 ± 55,1 <sup>1</sup>	589 ± 50,6 <sup>1</sup>	636 ± 59,4 <sup>1</sup>	567 ± 54,9 <sup>1</sup>
A1A2/AA (n = 31)	1188 ± 110,2	62 ± 4,9	44 ± 3,5	635 ± 51,3 <sup>1</sup>	600 ± 48,6 <sup>1</sup>	653 ± 52,9 <sup>1</sup>	571 ± 48,0 <sup>1</sup>
A1A2/AB (n = 58)	1266 ± 69,5	58 ± 2,8 <sup>2</sup>	51 ± 2,0	695 ± 25,0 <sup>1</sup>	644 ± 23,9 <sup>1</sup>	721 ± 25,7	642 ± 22,8
A1A2/AE (n = 44)	1191 ± 90,5	68 ± 3,5	46 ± 2,5	688 ± 31,2 <sup>1</sup>	647 ± 30,3 <sup>1</sup>	709 ± 31,9	631 ± 30,0
A1A2/BB (n = 30)	1114 ± 80,1	63 ± 4,6	48 ± 2,7	674 ± 48,1 <sup>1</sup>	638 ± 39,5	726 ± 45,5	646 ± 41,3
A1A2/BE (n = 40)	1193 ± 95,4	77 ± 3,5	47 ± 2,4	766 ± 25,4	723 ± 23,7	789 ± 26,6	700 ± 24,0
A2A2/AA (n = 29)	1066 ± 116,1	65 ± 4,3	45 ± 3,1	665 ± 48,7 <sup>1</sup>	618 ± 46,2 <sup>1</sup>	691 ± 50,5 <sup>1</sup>	614 ± 49,6
A2A2/AB (n = 68)	1235 ± 65,9	74 ± 3,0	51 ± 2,0	753 ± 24,1	697 ± 23,4	767 ± 26,5	691 ± 22,3
<b>A2A2/BB (n = 32)</b>	<b>1247 ± 87,2</b>	<b>74 ± 4,5</b>	<b>53 ± 2,4</b>	<b>788 ± 28,5</b>	<b>727 ± 24,3</b>	<b>818 ± 30,7</b>	<b>701 ± 33,8</b>

\*порівняння проведене до бажаного генотипу A2A2/BB

**2. Частота гаплотипів за бета- та капа-казеїнами**

Гаплотип CSN2/CSN3	Порода								
	Голштинська	Голштинська (черв.-ряба)	Джерсейська	Швіцька	Червона датська	Симентальська	Монбельярдська	Айширська	Червона норвежська
A1/A	0,132	0,294	–	–	0,125	0,278	0,188	0,292	0,100
A1/B	0,142	0,103	0,190	0,125	–	0,056	0,188	–	0,100
A1/E	0,107	0,015	–	–	–	–	–	0,125	–
A2/A	0,277	0,265	0,069	–	0,500	0,389	0,188	0,458	0,600
<b>A2/B</b>	<b>0,282</b>	<b>0,206</b>	<b>0,741</b>	<b>0,875</b>	<b>0,312</b>	<b>0,277</b>	<b>0,436</b>	–	<b>0,200</b>
A2/E	0,056	0,117	–	–	0,063	–	–	0,125	–
B/A	0,002	–	–	–	–	–	–	–	–
B/B	0,002	–	–	–	–	–	–	–	–

Встановлено, що серед оцінених бугаїв голштинської породи найчастіше зустрічався гаплотип A2B, що мав частоту 0,282, бугаїв цієї ж породи червоно-рябої масті – A1/A. У бугаїв джерсейської, швіцької, монбельярдської порід частота бажаного гаплотипу A2B суттєво переважає інші. Гаплотипи, що несуть алель CSN2 B мали низьку частоту і зустрічалися лише у тварин голштинської породи (0,004). Алель CSN3 E був притаманний бугаям голштинської, червоної датської та айширської порід.

**Висновки.** Враховуючи дані багатьох вітчизняних і закордонних науковців, які стверджують, що генотип тварин за поліморфізмом бета- та капа-казеїну впливає на якісний склад молока, слід мати в стадах необхідну кількість тварин, що несуть в своєму геномі алель A2 бета-казеїну та алель B гена капа-казеїну. Бажані селекційні параметри стада можливо досягти шляхом використання бугаїв з генотипами BB за капа-казеїном та A2A2 за бета-казеїном. Коригування системи відбору бугаїв-плідників можливо здійснити лише за умови генотипування маточного поголів'я стада за поліморфізмом генотипів бета- та капа-казеїну. Проведення даного заходу дозволить підвищити білковомолочність і поліпшити сиропридатність молока худоби майбутніх поколінь.

Використання бугаїв-плідників без урахування їхніх генотипів за описаними вище фракціями казеїну і відсутність контролю за поліморфізмом цих генів серед корів може призвести до зниження частоти бажаних генотипів у стаді та зниження технологічних якостей молока як сировини.

Створена база даних бугаїв-плідників, допущених до використання в Україні, оцінених за генотипом бета- та капа-казеїну, дозволяє встановити позитивну перспективу можливості



формування стад укомплектованих тваринами з бажаним комплексним генотипом А2А2/ВВ в Україні. Встановлено що бугаї молочних порід мають різну частоту алелів бета- та капа казеїну. Частка бугаїв-плідників бажаного комплексного генотипу А2А2/ВВ голштинської породи складає 8,49%, голштинської червоно-рябої масті – 2,94%, швіцької – 75%, джерсейської – 13,79%, червоної данської – 12,5%, червоної норвежської – 20,0%, монбельярдської – 25%. У тварин симентальської та айширської порід бугаїв з бажаним комплексним генотипом А2А2/ВВ не виявлено.

Бугаї бажаного комплексного генотипу А2А2/ВВ за оцінкою згідно показників надою дочок, кількості молочного жиру, молочного білка, індексів довічного прибутку, прибутку за сиром, прибутку за молоком переважали бугаїв з окремими комплексними генотипами CSN2-CSN3.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Тюлькин С. В. Влияние генотипа коров на их продуктивность и качество молока. *Пущевые системы*. 2018. Т. 1, № 3. С. 38–43. DOI: 10.21323/2618-9771-2018-1-3-38-43.
2. Volkandari S. D., Indriawati I., Margawati E. T. Genetic polymorphism of kappa-casein gene in Friesian Holstein: a basic selection of dairy cattle superiority. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*. 2017. Vol. 42 (4). P. 213–219. DOI: <https://doi.org/10.14710/jitaa.42.4.213-219>
3. Peciulaitienė N., Miceikienė I., Miseikienė R., Krasnopiorova N., Kriauzienė J. Genetic factors influencing milk production traits in Lithuanian dairy cattle breeds. *Zemės ūkio Mokslai*. 2007. Vol. 14 (1). P. 32–38.
4. Мухаметгалиев Н. Н. Оценка молочных пород скота и их помесей по сыропригодности молока. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. 2005. Т. 181. С. 139–146.
5. Ковалюк Н. В., Сацук В. Ф., Ковалюк М. А., Мачульская Е. В. Селекция крупного рогатого скота по полиморфному гену бета-казеина в Краснодарском Крае. *Генетика и разведение животных*. 2019. № 1. С. 22–24. <http://vniigen.ru/zhurnal-1-2019-kovalyuk-n-v/>
6. Ковалюк Н. В., Сацук В. Ф., Мачульская Е. В., Шахназарова Ю. Ю. Перспективы использования полиморфизма гена β-казеина в селекции крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. *Молочное и мясное скотоводство*. 2018. № 5. С. 14–16. <http://skotovodstvo.Com/Annotations/2018/05/ru/03.html>
7. Parashar A., Saini R. A1 milk and its controversy-a review. *International Journal of Bioassays*. 2015. Vol. 4.12. P. 4611–4619. DOI: 10.21746/ijbio.2015.12.007
8. Zambrano B., Cabrera E., Portilla S., Galindo R. Kappa casein genotypes and curd yield in Holstein cows. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 2010. № 23. P. 422–428. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v23n4/v23n4a03.pdf>
9. Gallinat J., Qanbari S., Drögemüller C., Pimentel E., Thaller G., Tetens J. DNA-based identification of novel bovine casein gene variants. *J. Dairy Sci. January*. 2013. Vol. 96, Issue 1, P. 699–709. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5908>
10. Anggraenia A., Sumantri C., Farajallah A., Andreas E. Kappa-Casein Genotypic Frequencies in Holstein-Friesian Dairy Cattle in West Java Province. *Media Peternakan*. 2010. Vol. 33, no. 2. P. 61–67. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/mediapeternakan/issue/view/229>
11. Azevedo A., Nascimento C., Steinberg R., Carvalho M., Peixoto M., Teodoro R., Verneque R., Guimarães S., Machado M. Genetic polymorphism of the kappa-casein gene in Brazilian cattle. *Genetics and Molecular Research*. 2008. № 7 (3). P. 623–630. <https://www.cbmguzera.com.br/artigos-tecnicos/artigos-tecnicos-pdf/Genetic%20polymorphism%20of%20the%20kappa-csein%202008.pdf>
12. Gustavsson F., Buitenhuis A., Johansson M., Bertelsen H., Glantz M., Poulsen N. Effects of breed and casein genetic variants on protein profile in milk from Swedish Red, Danish Holstein, and Danish Jersey cows. *J. Dairy Sci*. 2014. Vol. 97, Issue 6. P. 3866–3877. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7312>

13. Deb R., Singh U., Kumar S., Singh R., Sengar G., Sharma A. Genetic polymorphism and association of kappa-casein gene with milk production traits among Frieswal (HF × Sahiwal) cross breed of Indian origin. *Journal of Veterinary Research, Shiraz University IJVR*. 2014. Vol. 15, No. 4. P. 406–408. <https://www.researchgate.net/publication/280058153>.
14. Sitkowska B., Neja W., Wiśniewska E. Relations between kappa-casein polymorphism (CSN3) and milk performance traits in heifer cows. *Journal of Central European Agriculture*. 2008. Vo 1.4. P. 641–644. [https://jcea.agr.hr/articles/592\\_](https://jcea.agr.hr/articles/592_)
15. Бондарук В. С., Музыка Л. І., Бондар П. В., Жмур А. Й., Оріхівський Т. В. Нові можливості ефективної селекції у скотарстві на основі вивчення геному. *Вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького*. 2017. № 19, т. 79. С. 32–37. <https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture/article/view/2345/2331>.
16. Танана Л. А. Использование ДНК-тестирования по гену CSN3 в селекции молочного крупного рогатого скота. Гродно : ГГАУ, 2014. 193 с.
17. Трухачев В. И., Олейник С. А., Злыднев Н. З. Методические рекомендации по созданию молочных стад крупного рогатого скота с улучшенными показателями по содержанию белка в молоке на основе аллельных вариантов фракций казеина: рекомендации для зооветеринарных специалистов. Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2017. 97 с.

## REFERENCES

1. Tjul'kin, S. V. 2018. Vliyanie genotipa korov na ih produktivnost' i kachestvo moloka – Influence of the genotype of cows on their productivity and milk quality. *Pishhevyye sistemy – Food systems*. 1(3):38–43 (in Russian).
2. Volkandari, S. D., I. Indriawati, and E. T. Margawati. 2017. Genetic polymorphism of kappa-casein gene in Friesian Holstein: a basic selection of dairy cattle superiority. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*. 42(4):213–219 (in English).
3. Peciulaitienė, N., R. Miceikienė, I. Miseikienė, N. Krasnopiorova, and J. Kriauzienė. 2007. Genetic factors influencing milk production traits in Lithuanian dairy cattle breeds. *Zemės ūkio Mokslai*. 14(1):32–38 (in English).
4. Muhametgaliev, N. N. 2005. Ocenka molochnyh porod skota i ih pomesej po syroprigodnosti moloka – Evaluation of dairy cattle breeds and their crossbreeds according to milk cheese suitability. *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoakademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Bauman – Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine. N. E. Bauman*. 181:139–146 (in Russian).
5. Kovalyuk, N. V. 2019. Selekcija krupnogo rogatogo skota po polimorfnomu genu beta-kazeina v Krasnodarskom Krae – Breeding of cattle for the polymorphic gene of beta-casein in the Krasnodar. *Genetika i razvedenie zhivotnyh – Genetics and animal breeding*. 1:22–24 (in Russian).
6. Kovalyuk, N. V. 2018. Perspektivy ispol'zovaniya polimorfizma gena β-kazeina v selekcii krupnogo rogatogo skota molochnogo napravleniya produktivnosti – Prospects for the use of β-casein gene polymorphism in the breeding of dairy cattle. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo – Dairy and beef cattle breeding*. 5:14–16 (in Russian).
7. Parashar, A., and R. Saini. 2015. A1 milk and its controversy-a review. *International Journal of Bioassays*. 4.12:4611–4619.
8. Zambrano, B., E. Cabrera, S. Portilla, and R. Galindo. 2010. Galindo Kappa casein genotypes and curd yield in Holstein cows. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 23:422–428 (in English).
9. Gallinat, J., S. Qanbari, C. Drögemüller, E. Pimentel, G. Thaller, and J. Tetens. 2013. DNA-based identification of novel bovine casein gene variants. *J. Dairy Sci*. 96, 1:699–709 (in English).
10. Anggraenia, A., C. Sumantrib, A. Farajallah, and E. Andreas. 2010. Kappa-Casein Genotypic Frequencies in Holstein-Friesian Dairy Cattle in West Java Province. *Media Peternakan*. 33(2):61–67 (in English).

11. Azevedo, A., C. Nascimento, R. Steinberg, M. Carvalho, M. Peixoto, R. Teodoro, R. Verneque, S. Guimarães, and M. Machado. 2008. Genetic polymorphism of the kappa-casein gene in Brazilian cattle. *Genetics and Molecular Research*. 7(3):623–630 (in English).
12. Gustavsson, F., A. Buitenhuis, M. Johansson, H. Bertelsen, M. Glantz, and N. Poulsen. 2014. Effects of breed and casein genetic variants on protein profile in milk from Swedish Red, Danish Holstein, and Danish Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 97(6):3866–3877 (in English).
13. Deb, R., U. Singh, S. Kumar, R. Singh, G. Sengar, and A. Sharma. 2014. Genetic polymorphism and association of kappa-casein gene with milk production traits among Frieswal (HF × Sahiwal) cross breed of Indian origin. *Journal of Veterinary Research, Shiraz University IJVR*. 15(4):406–408 (in English).
14. Sitkowska, B., W. Neja, and E. Wiśniewska. 2008. Relations between kappa-casein polymorphism (CSN3) and milk performance traits in heifer cows. *Journal of Central European Agriculture*. 4:641–644 (in English).
15. Bondaruk, V. S., L. I. Muzyka, P. V. Bondar, A. Y. Zhmur, and T. V. Orikhivskyy. 2017. Novi mozhyvosti efektyvnoyi selektsiyi u skotarstvi na osnovi vyvchennya henomu – New possibilities of effective selection in cattle breeding on the basis of genome study. *Visnyk L'vivskoho natsional'nogo universytetu veterynarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiy im. S. Z. Hzhys'koho – Bulletin of Lviv National university of veterinary medicine and biotechnology S. Z. Gzhysky*. 19(79):32–37 (in Ukrainian).
16. Tanana, L. A. 2014. *Ispol'zovanie DNK-testirovaniya po genu CSN3 v selekcii molochnogo krupnogo rogatogo skota – The use of DNA testing for the CSN3 gene in the selection of dairy cattle*. Grodno : GGAU, 193 (in Russian).
17. Truhachev, V. I., S. A. Olejnik, and N. Z. Zlydnev. 2017. *Metodicheskie rekomendacii po sozdaniyu molochnyh stad krupnogo rogatogo skota s uluchshennymi pokazatelyami po sodержaniyu belka v moloke na osnove allel'nyh variantov frakcij kazeina: rekomendacii dlya zooveterinarnih specialistov – Methodical recommendations for the creation of dairy cattle herds with improved indicators of protein content in milk based on allelic variants of casein fractions: recommendations for veterinarians*. Stavropol', 97 (in Russian).

---

Одержано редколегією 31.08.2020 р.

Прийнято до друку 05.10.2020 р.